الدكتور راكان رزوق

الدكتورة مادلين عبود

قواعد المعطيات (1)



جامعة دمشق

كلية المعلوماتية

قواعد المعطيات (1)

الطبعة الأولى

الدكتور راكان رزوق

الدكتورة مادلين عبود

منشورات جامعة دمشق

2000 –2001

مقدمة الكتاب

يُجمع العاملون في المعلوماتية على اعتبار قواعد المعطيات أحد أوسع علوم المعلوماتية انتشاراً وأكثرها فائدة في الحياة العملية لمهندسي المعلوماتية. ويتأكد ذلك من خلال ملاحظة النسبة المرتفعة من التطبيقات المعلوماتية، التي تؤول إلى تصميم وتطوير قاعدة معطيات، تتضمن معلومات المؤسسة التي تسعى لاستخدام الوسائل المعلوماتية في أعمالها، والبرامج التي تحقق الوظائف المتوقعة من النظام المعلوماتي.

لقد تولد لدى أوائل العاملين في التطبيقات الإدارية والمالية للمعلوماتية، العديد من الأفكار التي تجلت في البداية كمنهجيات ومبادئ عامة، تفيد في جعل العمل البرمجي يتحول من عمل يعتمد إلى حد بعيد على المهارات الفردية للمبرمجين وفهمهم للمسألة المطروحة، إلى عمل هندسي يمتلك معايير ومنهجيات تحاكي ما توفّر للمهن الهندسية العريقة كالهندسة المعمارية أو الهندسة الكهربائية.

وقد كان من أهم هذه الأفكار عزل المعطيات عن البرامج التي تعالجها وعن بنى ووسائط التخزين التي تسجّل عليها.

ولاحظ العاملون في المعلوماتية تكراراً في الوظائف البرمجية التي يجدون أنفسهم مضطرين إلى إعادة كتابتها واختبارها في كل التطبيقات التي ينفذونها، فوجدوا أنه لا بد من تطوير نظام برمجي عام يعنى بتحقيق مجموعة من الوظائف العامة التي تفيد في تعريف بنى المعطيات وتتيح التعامل مع المعطيات على مستوى عالٍ من التجريد. ومن هنا تولدت فكرة إنشاء أنظمة إدارة قواعد المعطيات.

لقد ساهم العاملون في قواعد المعطيات في إرساء عدد من المبادئ والمفاهيم التي جرى تطويرها في مراحل لاحقة لتكون اللبنات الأولى في علم هندسة البرمجيات. واستفاد العاملون في تطوير أنظمة إدارة قواعد المعطيات من منهجيات وأدوات البرمجة التي أنتجها علم هندسة البرمجيات، وضمنوا جزءاً كبيراً منها في منتجاتهم البرمجية التي كرسوها لإدارة قواعد المعطيات.

لقد كان عقد السبعينيات حافلاً بالعديد من الأفكار والنظريات التي مهدت لظهور أنظمة قواعد المعطيات في بداية الثمانينيات. ومنذ ذلك الوقت مازال هذا النوع من الأنظمة يزداد تطوراً وتزداد بذلك أهميته ويتعمق دوره كأداة لا بد من إتقان استخدامها لتطوير الأنظمة المعلوماتية.

وساهم التنافس التجاري بين الشركات التي عملت على تطوير وتسويق أنظمة إدارة قواعد المعطيات في إغناء هذه الأنظمة. فقد سعت كل منها إلى إضافة مكونات ووظائف جديدة لنظم إدارة قواعد المعطيات التي تنتجها لتجعلها متفوقة على سواها، وهذا ما جعل هذه الأنظمة تتحول تدريجياً إلى محيط تطوير متكامل يوفر كافة الوظائف التي يحتاج إليها العاملون في تطوير أنظمة المعلومات خلال معظم مراحل المشروع المعلوماتي، بل إن بعض هذه الشركات ضمنت منتجاتها أدوات مساعدة في هندسة البرمجيات.

وقد كان لهذا التنافس بعض الآثار السلبية التي تجلت في عدم التوافق بين الأنظمة المتعددة، وهذا ما استدعى بذل جهود كبيرة في بداية التسعينيات للاتفاق على صيغ معيارية، خاصة فيما يتعلق بلغات قواعد المعطيات العلاقاتية. كما اجتمعت هذه الشركات في نهاية التسعينيات لتضع في متناول مستخدمي أنظمتها أدوات للربط بين مختلف هذه الأنظمة.

يتناول هذا الكتاب مادة قواعد المعطيات من وجهة النظر الأكاديمية متجنباً إلى حد بعيد الخصوصيات التي تقدمها أنظمة إدارة قواعد المعطيات التجارية.

يتضمن الفصل الأول التعاريف الأساسية، وعرضاً عاماً ومبسطاً لأهداف قواعد المعطيات، والوظائف التي تحققها أنظمة إدارة قواعد المعطيات. يركز هذا الفصل على مستويات التجريد المعتمدة في تصميم قواعد المعطيات ويعرض البنية العامة لأنظمة إدارة قواعد المعطيات باعتبارها نظاماً برمجياً يحقق طيفاً واسعاً من الوظائف.

يتناول الفصلان الثاني والثالث المستويين الأساسيين في تصميم قواعد المعطيات. ففي الفصل الثاني يجري عرض مراحل إنشاء المخطط المفاهيمي لقاعدة معطيات، ويركز على نموذج كيانات–ارتباطات باعتباره أنجح النماذج وأوسعها انتشاراً في الوقت الراهن. ويعرض الفصل الثالث النموذج العلاقاتي من خلال عرض البنى الأساسية لقواعد المعطيات العلاقاتية والعمليات الأساسية والموسعة التي يتيحها الجبر العلاقاتي.

يكمل الفصل الرابع ما يتضمنه الفصل الثالث، فيعرض لغة SQL باعتبارها تركيباً من لغة الجبر العلاقاتي والحساب العلاقاتي. وقد اختيرت هذه اللغة لأنها أكثر لغات الاستعلام انتشاراً. يبين هذه الفصل التراكيب الأساسية للغة SQL خاصة تلك التي تسمح بتعريف بنية المعطيات وإضافة وتعديل المعطيات في قاعدة المعطيات والاستعلام ضمنها.

يتضمن الفصل الخامس عرضاً لشروط التكامل باعتبارها الطريقة الأساسية في قواعد المعطيات للتوثق من تناسق المعطيات وسلامة عمليات التعديل التي تُجرى عليها من جهة، ولحماية قاعدة المعطيات من التخريب والإخلال بتناسقها وصحتها من جهة أخرى. يعرض هذا الفصل الأشكال المختلفة لشروط التكامل، وطريقة تحقيقها.

ونظراً لأهمية التصميم الجيد لقواعد المعطيات، والانتشار الواسع لقواعد المعطيات العلاقاتية، فقد كرسنا الفصل السادس للأسس النظرية التي يمكن اعتمادها لدى تصميم قاعدة معطيات علاقاتية

بهدف إنقاص ظاهرة تكرار المعطيات إلى الحد الأدنى، والتوثق من تمثيل العلاقات الموجودة بين الواصفات، ولتسهيل اختبار مدى تحقيق التعديلات التي تجري على قاعدة المعطيات لشروط التكامل المعرفة عليها .

يعرض الفصل السابع المخطط الداخلي لقاعدة المعطيات، فيذكر ببنى تخزين المعطيات التي درسها الطالب في مادة الخوارزميات وبنى المعطيات في السنة الثانية، ويبين طريقة توظيف هذه البنى في قواعد المعطيات .

يتضمن الفصلان الثامن والتاسع عرضاً لوظيفتين هامتين من الوظائف التي تستند إلى نظم إدارة قواعد المعطيات هما إدارة العمليات الشاملة وإدارة الأعطال .

إننا إذ نضع هذا الكتاب بين أيدي طلابنا الأعزاء، نتمنى أن يسهم عملنا المتواضع هذا في دعم مسيرة المعلوماتية في التعليم العالي، ونأمل من طلابنا وزملائنا ألّا يبخلوا علينا بملاحظاتهم التي سنوليها كل اهتمام وتقدير وسنستفيد منها في تطوير هذا الكتاب . والله من وراء القصد .

المؤلفان

د . راكان رزوق — مركز الدراسات والبحوث العلمية

د . مادلين عبود — المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

الفهرس

الفصل الأول

مدخل إلى قواعد المعطيات

مقدمة

تكوّن قواعد المعطيات فرعاً أساسياً من فروع المعلوماتيــة، وتعتـبر المفاهيم الـتي تعتمدهـا والأدوات التي تقدمـها العمـود الفقـري لتطويـر أنـواع عديـدة مـن التطبيقـات المعلوماتيـة الواسعة الانتشار، خاصة في التطبيقات الإدارية والمالية والنظم المساعدة في اتخاذ القرار.

بـدأ الاهتمـام بـهذا النـوع مـن التقنيـات مـع ظـهور الحاجـة إلى إدارة حجـم كبـير مــن المعطيات، إذ تبين عجز طرق البرمجة التقليدية عن مواكبـة التطـور الحـاصل في حجـوم هذه المعطيات، وهذا ما استدعى إنشاء نظـم عامـة تـهدف في المقـام الأول، إلى تحسـين وتسهيل طرق التعامل مع حجوم كبيرة من المعطيات، من قبل عدد كبير من المسـتخدمين مع تحقيق أمن المعطيات.

تعرّف قاعدة المعطيات بأنها "مجموعة من المعطيات المهيكلة غير المتكررة، المسجلة على وسط تخزين يسمح بالوصول إليها من قبل عدة برامج تطبيقية".

لقد كان هذا التعريف عاماً في بداية ظهور قواعد المعطيات كفرع مستقل من فروع المعلوماتية وانبثقت عنه مجموعة واسعة من الأهداف التي سعى العاملون في هذا المجال لتحقيقها بتطوير نظم إدارة قواعد المعطيات.

يتألف نظام إدارة قواعد المعطيات (DBMS : Data Base Management Systems) من تجمع من المعطيات المرتبطة فيما بينها، ومجموعة من البرامج التي توفر الوصول إلى هذه المعطيات.

تحوي قاعدة المعطيات عادة معلومات عن مؤسسة ما، وبسبب الأهمية البالغة للمعلومات في المؤسسات فقد برزت الحاجة إلى تطوير مفاهيم ومنهجيات وتقانات عديدة لإدارة هذه المعلومات إدارة فعالة.

إن الهدف الأساسي لنظم إدارة قواعد المعطيات هو توفير محيط عمل ملائم وفعال يمكّن من تخزين المعلومات ضمن قاعدة المعطيات واسترجاعها لاحقاً. وقد صُممت هذه النظم لإدارة كميات ضخمة من المعلومات. وتتضمن إدارة المعلومات المهام الرئيسية التالية :

- تعريف بنى تخزين المعلومات.
- إيجاد التقنيات الملائمة للتعامل مع المعلومات المُخزنة.
- تقديم نظم أمان لحماية المعلومات المخزنة من الوصول غير المشروع.
- تجنب التضارب في المعلومات المخزنة نتيجة تشارك عدة مستثمرين في الوصول إلى المعلومات.

نعرض فيما يلي، بأسلوب مبسط، المفاهيم الأساسية المستخدمة في نظم قواعد المعطيات والمبررات التي قادت إلى تطويرها.

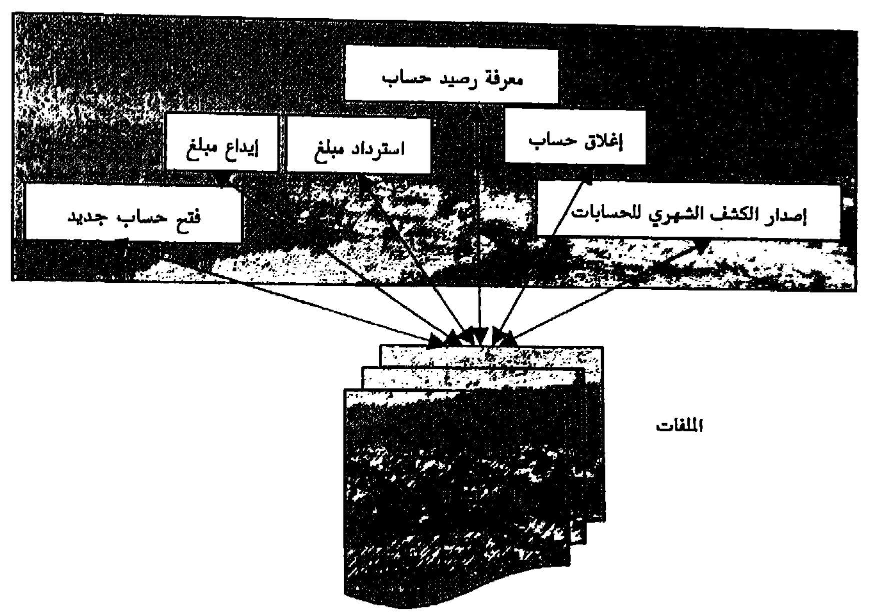
1- الغرض من نظم إدارة قواعد المعطيات

سنبين الغرض من نظم إدارة قواعد المعطيات من خلال مثال لتطبيق معلوماتي بسيط نسبياً، لنبين الصعوبات التي يصادفها مطورو الأنظمة المعلوماتية إذا استخدموا الأدوات التقليدية، مثل نظم إدارة الملفات، في تخزين وإدارة المعطيات، وأهمية نظم قواعد المعطيات في حل هذه الصعوبات.

لنأخذ مؤسسة مصرفية للتوفير، مثل مؤسسة توفير البريد، تحتفظ بمعلومات عن زبائنها وحساباتهم المصرفية في نظام ملفات تقليدي، وتدير هذه المعلومات مبواسطةمجموعة من البرامج التطبيقية التي تسمح بإجراء العمليات التالية :

- فتح حساب جديد.
- إيداع مبلغ في حساب مصرفي موجود.
- استرداد مبلغ في حساب مصرفي موجود.
- معرفة رصيد حساب مصرفي.
- إغلاق حساب مصرفي (حذف الحساب)
- إصدار الكشف الشهري للحسابات.

يمكن تمثيل هذا النظام بالشكل (1-1) التالي.



الشكل (1-1) : مثال لنظام معلومات مصرفي

تتعامل البرامج مع مجموعة من الملفات أهمها :

- ملف الحسابات (دليل الحسابات) الذي يتضمن مجموعة من التسجيلات يحوي كل منها معلومات عن حساب واحد مثل رقم الحساب، واسم صاحب الحساب، وعنوانه، وتاريخ فتح الحساب، ... إلخ

- ملف العمليات المصرفية : ويتضمن المعلومات المتعلقة بالعمليات المصرفية من إيداع واسترداد. ويمكن أن تتضمن كل تسجيلة من هذا الملف معلومات عن حركة واحدة مثل نوع العملية، وتاريخها، ورقم الحساب، والمبلغ، ... إلخ.

وتتضمن مجموعة الملفات أيضاً ملفات عديدة مثل الملفات المؤقتة التي تستخدم في عمليات الفرز والترتيب، والملفات الدائمة التي تستخدم لأرشفة المعلومات التاريخية مثل الحسابات التي أُغلقت. أما البرامج التطبيقية السابقة، فيُفترض أنها كتبت من قبل المبرمجين لسدِّ الحاجات الحالية للمؤسسة.

عندما تزداد حاجة المؤسسة، تُكتب برامج تطبيقية جديدة لسدّ هذه الحاجة. لنفترض مثلاً أن قوانين جديدة سمحت للمؤسسة بفتح حسابات مصرفية جارية (شيكات). في هذه الحالة سوف تضاف ملفات جديدة تحوي المعلومات المتعلقة بالحسابات الجارية، وستحتاج المؤسسة إلى مجموعة إضافية من البرامج التطبيقية لإدارة هذه الحسابات. وهكذا نرى أن المؤسسة ستحتاج إلى إضافة العديد من الملفات والبرامج التطبيقية إلى نظامها التقليدي لسدّ حاجاتها المتنامية. سنبين المشاكل الأساسية لهذا الحل التقليدي من خلال الملاحظات التالية :

1-1- تكرار المعطيات وتضاربها

يمكن أن تستغرق عمليات تعريف الملفات وكتابة البرامج التطبيقية مدة طويلة، وقد يعمل في ذلك مبرمجون مختلفون، وقد تظهر مشاكل عديدة : فالملفات وِلّدت بأشكال مختلفة، ويمكن أن تكون البرامج التطبيقية قد كُتبت بلغات برمجة مختلفة أيضاً. وأكثر من ذلك يمكن أن تكون المعلومات نفسها مكررة في أكثر من ملف. فمثلاً من الممكن أن تكون المعلومات المتعلقة بعنوان ورقم هاتف زبون معين موجودة في ملف الحسابات الجارية، وفي ملف حسابات التوفير بآن واحد.

إن وجود مثل هذا التكرار يسبب هدراً في حجم التخزين، وكلفة عالية في الوصول إلى المعطيات، ويمكن أن يؤدي إلى معطيات متضاربة، وذلك أن وجود عدة نسخ من المعطيات في ملفات مختلفة لاتبقى متوافقة مدة طويلة (حدوث تعديل أو حذف في مكان دون آخر).

فمثلاً، إذا غير أحد الزبائن، الذين يملكون حساب توفير وحساباً جارياً، عنوانه، وجرى تعديل العنوان المسجل في ملف حسابات التوفير دون الانتباه إلى ضرورة تعديل العنوان المخزن في ملف الحسابات الجارية، فإن هذا الزبون لن يستلم كشف حسابه الجاري في بداية الشهر التالي في عنوانه الجديد.

1-2- صعوبة الوصول إلى المعطيات

نفترض أن أحد موظفي المصرف يحتاج إلى معرفة أسماء الزبائن القاطنين في منطقة محددة بُغية إجراء دراسة معينة. سوف يقوم بتقديم هذا الطلب إلى قسم المعلوماتية في المصرف. لما كان هذا الطلب جديداً ولم يكن موضوعاً عند تصميم النظام الأساسي، فلا يوجد تطبيق يولد مثل هذه القائمة. ويبقى أمام الموظف حلان لإيجاد مثل هذه القائمة هما : أن يطلب قائمة بأسماء جميع الزبائن المتعاملين مع المصرف مع إقامتهم، ثمّ يقوم بانتقاء المطلوبين يدوياً، أو أن يطلب من أحد المبرمجين كتابة البرنامج التطبيقي اللازم لذلك. إن كلا الحلين غير كاف، فمن الممكن أن تتولد حاجة أخرى لدى الموظف بعد عدة أيام تعيده إلى نفس المشكلة.

يتبين من هذا المثال أن محيط إدارة الملفات لا يسمح باسترجاع المعطيات المطلوبة بطريقة فعالة، ولابد من كتابة برامج عديدة لمعالجة الاستفسارات المختلفة. لذلك يصبح من الضروري تطوير نظام عام يفيد في استرجاع المعطيات استرجاعاً أفضل.

1-3- عزل المعطيات

لمّا كانت المعطيات موزعة في عدة ملفات ذات بنى مختلفة، فإنه من الصعب كتابة تطبيق جديد لاسترجاع المعطيات وفق أشكال معينة. إن سبب هذه المشكلة هو أن تعريف المعطيات يجري ضمن البرامج التي تدير هذه المعطيات. ومن ثمّ فإن أي تعديل في بنى التخزين يجب أن يواكبه تعديل كل البرامج التي تتعامل مع المعطيات.

1-4- تعارض في الوصول المتزامن

تسمح النظم المعلوماتية الكبيرة لأكثر من مستخدم بالوصول إلى المعطيات لإجراء عمليات الإضافة والحذف والتعديل والاستفسار. وذلك بُغية الحصول على زمن استجابة أقصر وزيادة مردود هذه النظم. ولكن ذلك يزيد من أخطار التعديل المتزامن للمعطيات ويزيد تضارب المعطيات الناتجة عنه. سنوضح ذلك بالمثال التالي :

ليكن لدينا حساب مصرفيA يحوي 5000 ل.س وهناك مستخدمان يقوم الأول بتسجيل عملية استرداد 500 ل.س والثاني يسجل عملية إيداع 1000 ل.س في الوقت نفسه من الحساب A. فإذا حدثت العمليتان متزامنتين، أمكن أن تتركا نتيجة الحساب في حالة خاطئة، قد تكون 4500 ل.س أو 6000 ل.س بدلاً من 5500 ل.س*.

* تنشأ هذه المشكلة بسبب إجراء نسخ من التسجيلات المراد تعديلها إلى الذاكرة المركزية، وإجراء التعديلات المطلوبة على النسخة الموجودة في الذاكرة المركزية، ثم إعادة كتابة القيم الجديدة في الملف. فإذا قام أحد التطبيقين بإجراء عملية النسخ قبل أن ينهي التطبيق الآخر التعديل والكتابة فإنه يكون قد قرأ معطيات في طور التعديل.

لحل هذه المشكلة جرى تطوير طرق مختلفة لمراقبة هذا النوع من العمليات. ولكن لما كـان من الممكن أن تكون المعطيات مستخدمة في عـدة تطبيقات، فإن إيجـاد أشكال موحـدة وموثوقة للمراقبة يصبح أمراً صعباً جداً.

1-5- أمن المعطيات

يُقصد بأمن المعطيات قدرة النظام على تحديد صلاحيات الوصول إلى المعطيـات. فمثـلاً في النظام المصرفي يحتاج المسؤول عن دفع رواتب موظفـي المصرف إلى معرفـة معلومـات عـن موظفي المصرف، ولا يحتاج إلى معرفة معلومات عـن الحسـابات والزبـائن المتعـاملين مـع المصرف. لتحقيق مثل هذه الإمكانات تحتاج طرق البرمجة التقليدية إلى إضافـة تطبيقـات عديدة إلى النظام. وفي بعض الأحيان يحتاج تحقيق بعض شروط الأمـن إلى جـهد يتجـاوز الجـهد المبذول في تحقيق الوظائف الأساسية للنظام.

1- 6- تكامل المعطيات

قد تخضع المعطيات المخزنة في النظام لِشروط معينة. فمثلاً يمكـن أن يشـترط المصـرف أن رصيد أي حساب يجب ألّا يقلّ عن 250 ل.س، وأن الرصيد الأعظم لحساب التوفير هو مليون ليرة سورية. وينبغـي أخـذ مثـل هـذه الشـروط بعـين الاعتبـار في جميـع الـبرامج التطبيقية التي يتضمنها النظام. وكما نرى فإنه مـن الصعـب جـداً في نظـام إدارة الملفـات إضافة شرط جديد إلى المعطيات، لأن ذلك يتطلب تعديل جميع البرامج المكتوبـة سـابقاً، والتي تستخدم هذه الملفات، كما أنه من الصعب إضافة شروط متعلقـة بمعطيـات مختلفـة مخزنة في ملفات مختلفة.

2- الوظائف التي توفرها أنظمة إدارة قواعد المعطيات

لحل المشاكل المذكورة آنفاً، ولتوفير إمكانات إضافية، جرى تطوير نظم إدارة قواعد المعطيات كطريقة عامة، تشمل مجموعة من المفاهيم وتوفر برمجيات عامة تفيد في تحقيق الأهداف التالية :

2-1- مركزية المعلومات

تهدف قواعد المعطيات إلى تجميع كافة المعطيات المتعلقة بمؤسسة ما ضمن نظام واحد، يقوم بإدارة هذه المعطيات إدارةً قياسية، ويوفر جميع حاجات التطبيقات من المعطيات. يوفر اعتماد نظام معلومات مركزي في أي مؤسسة مزايا عديدة أهمها إلغاء التكرار، وتوفير سهولة إدخال وتحديث المعلومات، ومركزية التحكم والمراقبة.

2-2- استقلال المعطيات

الهدف الأساسي لنظم إدارة قواعد المعطيات هو توفير الوسائل الكفيلة بجعل المعطيات مستقلة عن طريقة التخزين وعن البرامج التي تقوم بالتعامل مع هذه المعطيات. يجري تحقيق هذه الغاية بجعل التعامل مع المعطيات بواسطة برامج تقوم بالوصول إلى هذه المعطيات من مستوى عال من التجريد، لا يظهر الطريقة الفعلية للتخزين، ولا يحتاج إلى معرفة كافة التفاصيل المتعلقة ببنية القاعدة ومحتوياتها الشاملة.

إن تحقيق هذا الهدف بواسطة البرامج التي يتضمنها نظام إدارة قواعد المعطيات يخفف الأعباء الملقاة على عاتق المبرمجين، والمتمثلة في ضرورة تعديل البرامج التطبيقية لدى كل تعديل في بنى تخزين المعطيات، سواء في بنية الملفات أو في طريقة تنظيم الملفات أو وسائط التخزين. تتيح نظم إدارة قواعد المعطيات إمكاناً للتعامل مع المعطيات بقطع النظر

عن بنيتها الداخلية، وتمكن البرامج التطبيقية من متابعة العمل على المعطيات، في حال حدوث تغير في بنى التسجيلات لا يتناقض مع البنى التي كانت تستخدمها، ولا تتأثر البرامج التطبيقية بتغير طرق الوصول. فإذا جرت إضافة فهرس Index ، أو دمج ملفان في ملف واحد، فإن ذلك لا يستدعي تغيير البرامج التي تدير المعطيات.

2-3- معالجة المعطيات بواسطة لغات غير اجرائية

معظم مستثمري نظم إدارة قواعد المعطيات هم مستثمرون عاديون ليس لديهم فكرة سابقة عن لغات البرمجة. لذلك يجب توفير لغة يستطيع المستثمر بواسطتها أن يسأل قاعدة المعطيات أو يعدّل تلك المعطيات دون تحديد خوارزمية الوصول إلى تلك المعطيات، بل فقط بأن يصف المعطيات التي يريد المستثمر التعامل معها. يسمى هذا النوع من اللغات لغات غير إجرائية.

تعتبر هذه النقطة من أهم الأهداف التي يجب أن يحققها نظام إدارة قواعد المعطيات، فوجود لغة غير إجرائية عالية المستوى يسمح لأي مستثمر كان بأن يستفيد من إمكانات النظام بفعالية و سهولة.

2-4- التسهيلات الخاصة بإدارة المعطيات

توفر نظم إدارة قواعد المعطيات الوسائل اللازمة للتعبير عن المعطيات (طريقة تعريفها وتخزينها) والوصول إليها وعرضها. تسمى هذه الوسائل أدوات إدارة قواعد المعطيات. وللحصول على إدارة فعالة وجيدة للمعطيات، يجري عادة حصر بعض هذه الأدوات بشخص واحد يدعى مدير النظام أو بعدة أشخاص يملكون امتيازات خاصة.

2-5- الوصول إلى المعطيات بفعالية

تسعى أنظمة إدارة قواعد المعطيات لزيادة عدد الإجراءات التي تنفذ في ثانية واحدة. وذلك بزيادة عدد المستخدمين الذين يستطيعون الوصول إلى المعطيات بآن واحد، وإنقاص زمن الاستجابة (الزمن اللازم للحصول على جواب طلب ما). لتحقيق ذلك تتضمن هذه الأنظمة خوارزميات وطرقاً خاصة لتقسيم المصادر (الوحدة المركزية، وحدات الدخل/الخرج) بين المستثمرين تقسيماً عادلاً.

2-6- التحكم في تكرار المعطيات

إن وجود إدارة مركزية للمعطيات تمكن من حل مشكلة تكرار المعطيات، وذلك بإعطاء الانطباع بأن كل مستخدم من مستخدمي قاعدة المعطيات يتعامل مع نسخة مستقلة من قاعدة المعطيات، وتوفير الأدوات التي تنسق بين العمليات التي يجريها المستخدمون على النسخة الوحيدة من المعطيات.

2-7- تكامل المعطيات

يسمح نظام إدارة قواعد المعطيات بتحقيق أنواع عديدة من شروط التكامل نعرضها من خلال أمثلة :

- تكامل وحدات المعطيات. مثال : لا يمكن فتح حساب مصرفي لزبون دون معرفة عنوانه
- التكامل المرجعي. مثال : لا يمكن إجراء عمليات مصرفية على حساب قبل فتح الحساب
- وشروط التكامل المعرّفة من قبل المستخدم : مثال : الرصيد أكبر من 250 ل.س.

لتحقيق ذلك يوفر نظام إدارة قواعد المعطيات الإمكانات اللازمة لتعريف هذه الشروط من جهة، ولكشف وإيقاف جميع العمليات التي قد تؤدي إلى الإخلال بهذه الشروط من جهة أخرى.

2-8- تقسيم المعطيات

يُقصد بتقسيم المعطيات السماح بتقسيم معطيات قاعدة ما بين عدة تطبيقات، بحيث يستطيع كل منها الوصول إلى المعطيات دون أن ينتظر تطبيقاً آخر.

2-9- أمن المعطيات

توفر نظم إدارة قواعد المعطيات إمكان حماية بعض المعطيات الخاصة، بحيث أن مجموعة محددة هي فقط التي تستطيع الوصول إلى تلك المعطيات . فمثلا لا يستطيع مدير قسم معين أن يطلع على رواتب كل العاملين في الشركة، بل على رواتب الموظفين العاملين في قسمه فقط.

3- تصميم قواعد المعطيات

من وجهة النظر البرمجية، تتألف قاعدة المعطيات من تجمع من الملفات المترابطة، ومجموعة من البرامج التي تسمح بالوصول إلى المعطيات المخزنة فيها واسترجاعها وتعديلها. وتهدف نظم قواعد المعطيات إلى تقديم إمكان التعامل مع جزء من المعطيات واستخدامها بطريقة فعالة تجعلها بمتناول عدد كبير من المستخدمين.

تقود هذه الاعتبارات إلى تصميم بنى معطيات معقدة لتمثيل المعطيات، مع ضرورة إخفاء هذا التعقيد للسماح لأكبر عدد من المستخدمين، الذين لا يملكون خبرة واسعة في البرمجة، بالوصول إلى المعطيات.

لتحقيق ذلك، ولما كان مستخدمو قاعدة المعطيات ليسوا بالضرورة خبراء في استخدام الحواسيب والبرمجة، فإنه يجب إخفاء التعقيد الموجود في تلك البنى بتحقيق وجود عدة مستويات للتصميم تتوافق مع مستوى التفصيل الذي يمكن لكل فئة من المستخدمين التعامل معه.

لتحقيق هذه الأهداف جرى تحديد ثلاثة مستويات من التجريد تسمى مخططات (Schema) لتوصيف أي قاعدة معطيات. يجري في كل مستوى توصيف القاعدة ببعض التفصيل الإضافي، عن المستوى الأعلى، كما يقدم نظام إدارة قواعد المعطيات الوسائل الكفيلة بإيجاد الترابط بين هذه المستويات المختلفة. تهدف هذه النماذج إلى تبسيط تعامل المستخدمين مع المعطيات. ونبين فيما يلي شرحاً مبسطاً لهذه المستويات :

- المخطط المفاهيمي : يعتبر المخطط المفاهيمي تجريدا للواقع يعكس عناصر المعلومات التي ستقوم قاعدة المعطيات بإدارتها. يجري من خلال المخطط المفاهيمي توصيف المحتوى المعلوماتي للقاعدة دون التعرض لأساليب النمذجة اللاحقة أو للاستفسارات التي سيجريها المستخدمون. يسمح هذا الفصل بترجمة المخطط المفاهيمي إلى أنواع مختلفة من المخططات المنطقية.

يجري التعبير عن المخطط المفاهيمي بأشكال عديدة، وتعتبر مخططات الكيانات والارتباطات (**ERD : Entity-Relationship Diagrams**) أحد أهم الطرق المتبعة في إنشاء مخطط المفاهيمي. يسمح هذا النموذج بتوصيف قاعدة المعطيات بشكل مخططات بيانية تتضمن الكيانات الداخلة في بنية النظام والارتباطات بينها.

- المستوى المنطقي : وصف لمحتوى قاعدة المعطيات بلغة قياسية تمكن مطوري التطبيقات ومستخدمي القاعدة من التعامل مع المعطيات على مستوى عالٍ من التجريد، يجنبهم الخوض في التفاصيل المتعلقة ببنية الملفات وطرق الوصول إليها.يعتبر المخطط المنطقي نواة قاعدة المعطيات، وتمثيلاً معيارياً لمعطيات المؤسسة يعكس طبيعة المعطيات وخصائصها وارتباطاتها. في هذا المستوى من التجريد يجري تحديد مايلي:
  - أنماط المعطيات البسيطة والمركبة المستخدمة في المؤسسة.
  - ارتباطات هذه الأنماط بعضها ببعض، بما يعكس واقع عمل المؤسسة.
  - قواعد تكامل المعطيات: الخصائص التي يجب أن تحققها المعطيات المخزنة في القاعدة.

يوفر كل نظام إدارة قواعد معطيات على الأقل نموذجاً للمعطيات، يسمح للمستخدمين بالتعامل مع المعطيات بأسلوب أقرب ما يكون إلى الواقع الذي أتت منه هذه المعطيات. يتضمن أي نموذج مفهومين أساسيين:

- طريقة تعريف المعطيات.
- العمليات التي يمكن تطبيقها على المعطيات.

في النموذج العلاقاتي ، مثلا ، يمكن تعريف المعطيات بأنها مجموعة من العلاقات، وكل علاقة هي جدول يحوي عدداً من الأسطر والأعمدة .يحوي كل عمود قيماً تنتمي إلى مجال معين.

توفر هذه النماذج من المعطيات إمكان النظر إلى المعطيات من مستوى أعلى دون الخوض في طريقة التخزين الفيزيائي أو طرق الفهرسة، وتترك هذه المهام لِنظام إدارة قواعد المعطيات الذي يقوم بإيجاد مايقابل هذه البنى في المستوى الفيزيائي. في نظم إدارة قواعد المعطيات،

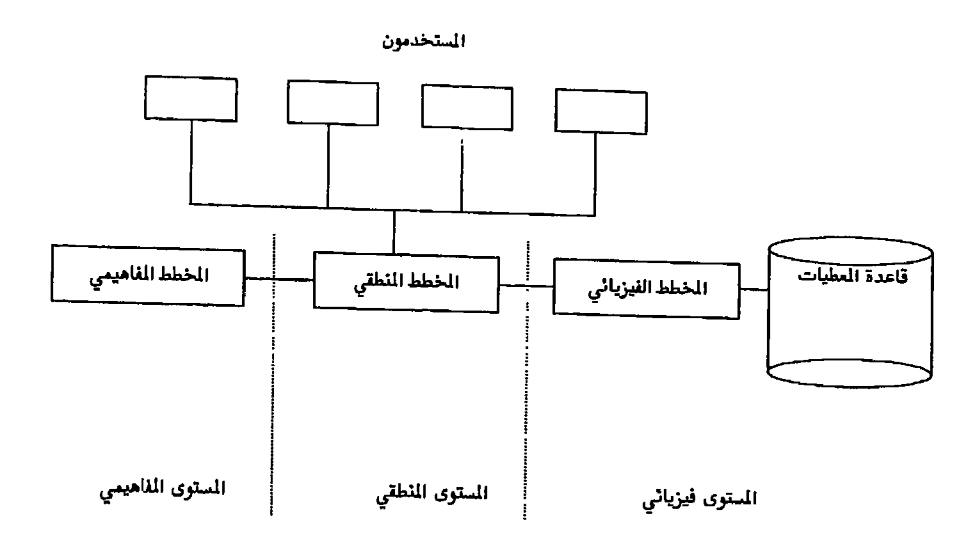
يجري التعبير عن بنية قاعدة المعطيات بواسطة لغة عالية المستوى تسمى لغة تعريف المعطيات .(DDL) تسمح هذه اللغة إضافةً إلى ماسبق بتعريف شروط تكامل المعطيات.

- المستوى الفيزيائي (الداخلي) **Physical level** : وهو المستوى الأدنى في تجريد المعطيات، ويصف الطريقة الفعلية لتخزين المعطيات. يتعلق المستوى الداخلي ببنية التخزين التي ستحوي المعطيات فعلياً، ويسمح بوصف المعطيات حسب الطريقة المتبعة في التخزين:

  - توصيف ملفات قاعدة المعطيات (أنماط الحقول و أطوالها، الحقول المركبة،... الخ).
  - طرق التعامل مع وسط التخزين (**Segments, Blocks, Buffers**، ... الخ) .
  - طرق الوصول إلى التسجيلات (الفهرسة، ربط التسجيلات، ... الخ).

غالباً لايحتاج القائمون على إدارة قواعد المعطيات إلى التدخل على هذا المستوى، ويتركون هذه المهمة لنظام إدارة قواعد المعطيات الذي يقوم بترجمة النموذج المنطقي إلى نموذج فيزيائي مكافئ.

في معظم الأحيان يجري تعريف مجموعات جزئية من المعطيات، تتضمن كل منها الجزء الذي يهم مستثمراً معيناً أو فئة من المستثمرين. تسمى كل مجموعة من هذه المجموعات مخططاً خارجياً.



الشكل (1-2) : مستويات توصيف قاعدة المعطيات

4- نماذج المعطيات Data Models

يُقصد بنمذجة المعطيات، في قواعد المعطيات، استخدام مجموعة الأدوات التصميمية التي تساعد على وصف المعطيات، والعلاقات المتبادلة فيما بينها، ودلالة المعطيات، وشروط تناسقها.

تقسم نماذج المعطيات إلى ثلاث مجموعات :

- النماذج المنطقية المعتمدة على الأغراض **Object-based logical models**
- النماذج المنطقية المعتمدة على التسجيلات **Record-based logical models**
- نماذج المعطيات الفيزيائية **Physical models**

4-1- النماذج المنطقية المعتمدة على الأغراض

تُستخدم في وصف المعطيات في المستويين المفاهيمي والمنطقي (الخارجي). وتمتاز بأنها تسمح ببنية مرنة وبتحديد شروط على المعطيات بوضوح. توجد نماذج مختلفة متعددة ومعروفة منها :

- نموذج الكيانات والارتباطات **Entity-Relationship Model**
- النموذج الغرضي التوجه **Object-Oriented Model**
- النموذج الثنائي **Binary Model**
- النموذج الدلالي **Semantic Data Model**
- النموذج المنطقي الدلالي **Info-logical Model**
- النموذج الوظيفي **Functional Data Model**

سوف ندرس فيما يلي نموذج الكيانات والارتباطات والنموذج الغرضي التوجه باعتبارهما مثال للنماذج المنطقية المعتمدة على الأغراض.

4-1-1- نموذج الكيانات والارتباطات

يعتمد هذا النموذج على إدراك العالم الحقيقي المؤلف من مجموعة من الأغراض الأساسية المسماة كيانات (Entities) والعلاقات فيما بينها أي الارتباطات (Relationships).

الكيان : هو غرض يتميز من الأغراض الأخرى بتحديد مجموعة من الواصفات المميزة. فمثلاً (رقم الحساب، الرصيد) يميزان حساباً محدداً في المصرف.

الارتباط : هي علاقة ربط بين عدة كيانات. مثال : علاقة زبون–حساب تربط كل زبون بحسابه المصرفي.

تسمى مجموعة الكيانات التي لها نفس النوع صفُّ الكيانات، وتكوّن مجموعة الارتباطات من نفس النوع ما يُسمى بصف الارتباط.

وإضافة إلى تمثيل الكيان والارتباطات، يتيح نموذج E-R تمثيل شروط إضافية يجب أن يحققها محتوى قواعد المعطيات. أحد أهم هذه الشروط هو (درجة الارتباطات Mapping Cardinalities) التي تعبر عن عدد الكيانات التي يمكن أن ترتبط بكيانات أخرى بواسطة الارتباط المُعرف فيما بينها.

4–1–2– النموذج الغرضي التوجه

يرتكز هذا النموذج، مثل نموذج الكيانات والارتباطات، على الأغراض. يحوي كل غرض قيماً مخزنة في متحولات حالة Instance-Variables داخل الغرض. هذه القيم هي نفسها أغراض، وبذلك يحوي الغرض أغراضاً وبشكل شجري (مستوى عمق شجري من الشبكة). كما يحوي الغرض مجموعة من البرمجيات تعمل لهذا الغرض تُسمى طرقاً (Methods). تُجمع الأغراض التي لها نفس نوع القيم ونفس الطرق بعضها إلى بعض فيما يُسمى بصفوف. ويمكن أن يستخدم الصف كنوع لتعريف الأغراض.

إن الجمع بين المعطيات والبرمجيات في تعريف نوع، مشابه لمفهوم أنماط المعطيات المجردة المستخدم في لغات البرمجة. في هذا النموذج، ثمة مستويان من تجريد المعطيات:

المستوى الأول يتضمن طريقة وصول غرض إلى معطيات غرض آخر حيث تجـرى مناشـدة طريقة الغرض الآخر وهذا ما يُسمى "إرسال رسالة" إلى الغرض، ومن ثمّ استدعاء واجهــة الطرق المتعلقة بغرض، والتي تُعرف الجزء الخارجي المرئي من الغرض.

المستوى الثاني من التجريد يتعلق بالجزء الداخلي مـن الغـرض، وهـو متحـولات الحالـة وبرمجيات الطرق، وهي غير مرئية من الخارج.

لتوضيح هذا المفهوم نأخذ مثال النظام المصـرفي، ولنعتـبر غرضـاً مثـل الحسـاب المصرفي. متحولات الحالة في هذا الغرض هي : رقـم الحسـاب، والرصيـد. الطـرق المربوطـة بـهذا الغرض هي دفع الفوائد pay-interest التي تقوم بإضافة الفائدة إلى الرصيد. ولنفترض أن الفائدة على جميع الحسابات في المصرف هي 6٪ ويود المصرف أن يغـير الفـائدة لتصبـح 5٪ للحسـاب ذي الرصيـد الـذي ينقـص عـن 10000ل.س و6٪ للحسـابات الأخـرى. يتطلب تفعيل هذا التغيير في معظم نماذج المعطيات تفعيل تغيرات في برمجيات تطبيق أو أكثر في النظام، ولكن تفعيله في النموذج الغرضي التوجـه يتطلـب فقـط تغيـيراً في طريقـة دفع الفوائد وتبقى الواجهة الخارجية للغرض دون أي تغيير.

4-2- النماذج المنطقية المعتمدة على التسجيلات

تُستخدم هذه النماذج، كالنماذج المعتمدة على الأغراض، في وصف المعطيات في المسـتويين المفاهيمي والخارجي وتحديد البنية المنطقية لقاعدة المعطيات وتقديم وصف بمستوى عـالٍ للتنفيذ.

سميت النماذج بهذا الاسم لأن قاعدة المعطيات منظمة في أشكال ثابتـة مـن التسـجيلات. يُعرّف كل نوع من التسجيلات بعدد محدد من الحقول والواصفـات، وعـادةً يكـون لكـل

حقل طول ثبت. إن استخدام أطوال ثابتة في التسجيلات يساعد على تبسيط مستوى التمثيل الفيزيائي لقاعدة المعطيات.

لا تحوي النماذج المنطقية المعتمدة على التسجيلات تقنيات لتمثيل البرمجة المباشرة في قاعدة المعطيات. وعوضاً عن ذلك، توجد لغة منفصلة مرتبطة بالنموذج للتعبير عن الاستفسارات وإجراء التعديل في قاعدة المعطيات.

من النماذج المنطقية المنتشرة المعتمدة على التسجيلات النموذج الشبكي، والنموذج الهرمي والنموذج العلاقاتي. وقد انتشر النموذج العلاقاتي انتشاراً واسعاً في السنوات الأخيرة، على حين استُخدم النموذجان الهرمي والشبكي في قواعد المعطيات القديمة نسبياً.

سنورد فيما يلي شرحاً مختصراً لهذه النماذج، وسندرس النموذج العلاقاتي دراسة مفصلة في فصل مستقل.

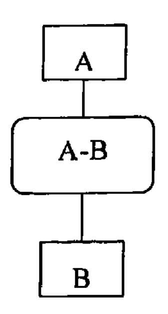
4-2-1- النموذج الشبكي (Network Model)

تُمثل المعطيات في هذا النموذج كتجمع لتسجيلات لها بنية كما في لغة Pascal أو لغة PL/I ، وتُمثل العلاقات بين المعطيات بروابط يُعبر عنها بمؤشرات. تُنظم التسجيلات في قاعدة المعطيات تنظيماً اعتباطياً.

قاعدة المعطيات : بيان عقده تسجيلات تتصل بمؤشرات منطقية.

نمط التسجيلات (العناصر) : تحوي التسجيلات معطيات ثابتة (مثل av#, cap) وعدة أنواع من البنى (الشعاع، وهو مجموعة من العناصر التي لها نفس النوع، المجموعة Coset).

البنية الأساسية في النموذج الشبكي هو المجموعة المتممة Coset التي تعبر عن ارتباط تبعية، حيث يوجد في كل تسجيلة من نوع A (الأب أو المالك) مجموعة تسجيلات من نوع B (الأبناء أو الأعضاء).

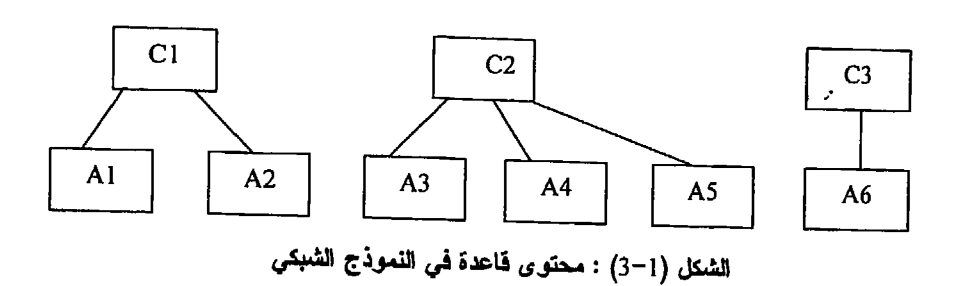


الشكل (1-3) : البنية الأساسية للنموذج الشبكي

مثال لمحتوى قاعدة معطيات نظام مصرفي (customer, account)

```
Type Customer = record
                 Customer_name : string;
                 Customer_street : string;
                 Customer_city : string;
                End;
Account = record
             Account_number : string;
             Account_balance :string
           End;
```

يمكن تمثيل محتوى القاعدة كمايلي:

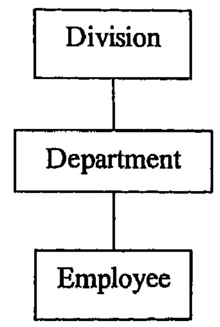


الشكل (1-3) : محتوى قاعدة في النموذج الشبكي

4-2-2- النموذج الهرمي

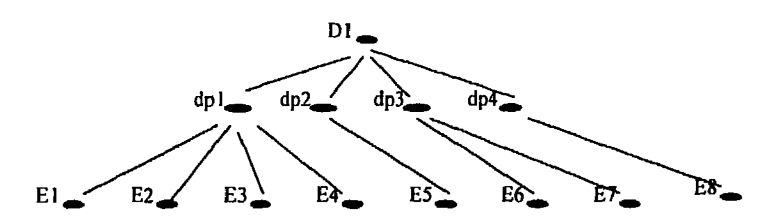
هو مشابه للنموذج الشبكي من حيث تمثيل المعطيات والعلاقات فيما بينها، ولكنه يختلف عنه بأن التسجيلات منظمة في قاعدة المعطيات، ومؤلفة من مجموعة أشجار تمثل ارتباطات هرمية.

مثال أول : التمثيل الهرمي لمؤسسة لها عدة فروع يحوي كل فرع عدداً من الأقسام، يعمل في كل قسم مجموعة من العاملين.



الشكل (1-4) : تمثيل البنية العامة لقاعدة معطيات بالنموذج الهرمي

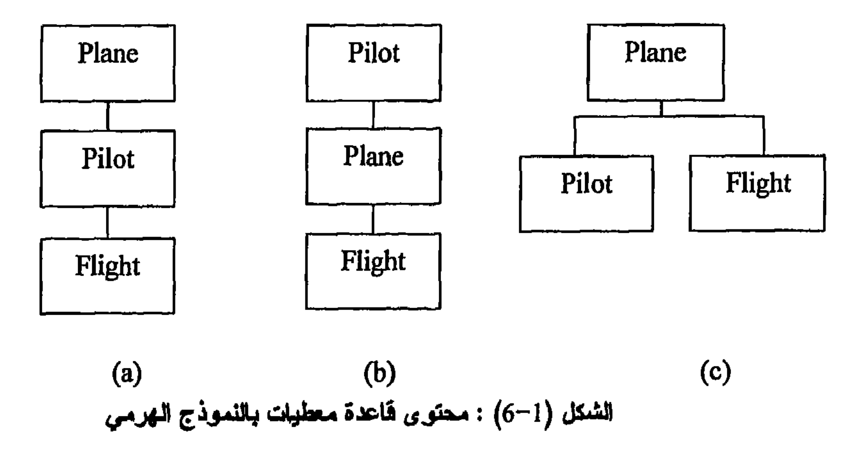
محتوى القاعدة :



الشكل (1-5) : محتوى قاعدة معطيات بالنموذج الهرمي

مثال 2 : شركة طيران يعمل فيها عدد من الطيارين، وتملك عـدداً مـن الطـائرات وتقـوم بعدة رحلات.

هناك عدة أشكال ممكنة لمخطط القاعدة :



الشكل (1-6) : محتوى قاعدة معطيات بالنموذج الهرمي

4-2-3- النموذج العلاقاتي

يسمح بتمثيل المعطيات والعلاقات فيما بينها باستخدام مجموعة من الجداول. يتألف كل جدول من عدد من الأعمدة لكل منها اسم وحيد.

4-2-4- الفرق بين النماذج المختلفة السابقة

يختلف النموذج العلاقاتي عن النموذجين السابقين بأنه لا يستخدم المؤشرات أو الروابط، وبدلاً من ذلك يقوم بربط التسجيلات بعضها ببعض عن طريق القيم المحتواة في هذه التسجيلات. يسمح التحرر من استخدام المؤشرات بتعريف أسس لأشكال رياضية مرتبطة بالنموذج العلاقاتي.

4-3- النماذج الفيزيائية

تستخدم هذه النماذج لوصف المعطيات في المستوى الأدنى، وبعكس نماذج المعطيات المنطقية فإن عدد نماذج المعطيات الفيزيائية المستخدمة قليل وأشهر اثنين منها هما :

- Unifying Model
- Frame Memory

5- المخططات والحالات

تتبدل المعطيات المخزنة في قاعدة المعطيات مع الزمن بسبب حركة المعلومات المضافة والمحذوفة منها وإليها. ونسمي حالة قاعدة المعطيات **Instance of the Data Base** مجموعة المعلومات المخزنة في قاعدة المعطيات في لحظة معينة. كما نسمي **مخطط قاعدة المعطيات Data Base Schema** القالب العام لقاعدة المعطيات.

ونلاحظ أن مفهوم مخطط قاعدة المعطيات يشبه مفهوم تعريف الأنماط في لغات البرمجة التقليدية، وأن مفهوم حالة لمخطط قاعدة المعطيات يشابه مفهوم قيمة متحول في هذه اللغات.

6- استقلال المعطيات

يُقصد باستقلال المعطيات إمكان تعديل تعريف مخطط من مخططات قاعدة المعطيات، دون أن يؤثر هذا التعديل في تعريف المخطط من المستوى الأعلى في القاعدة.

ثمة نوعان من استقلال المعطيات :

6-1- استقلال المعطيات فيزيائياً

ويعني أن تعديل المخطط الفيزيائي (طريقة التخزين الفعلية وطرق الوصول إلى المعطيات) لا يتطلب إعادة كتابة البرامج التي تتعامل مع قاعدة المعطيات. والجدير بالذكر أننا نادراً ما نجري تعديلات في المستوى الفيزيائي، إلا في حالات معينة وبقصد تحسين الأداء.

6-2- استقلال المعطيات منطقياً

ويعني إمكان تعديل المخطط المفاهيمي لقاعدة المعطيات دون أن يتطلب ذلك إعادة كتابة البرامج التطبيقية. ويجري تعديل المخطط المفاهيمي عادةً عند تعديل البنية المنطقية لقاعدة المعطيات.

إن تحقيق الاستقلال المنطقي أصعب بكثير من تحقيق الاستقلال، وذلك لاعتماد البرامج التطبيقية إلى حد بعيد على البنية المنطقية للمعطيات المراد الوصول إليها.

7 - لغات قواعد المعطيات

يوفر كل نظام إدارة قواعد معطيات على الأقل لغة واحدة تتيح لمستخدميه تعريف بنية قاعدة المعطيات، وشروط تكامل المعطيات وصلاحيات الوصول إلى المعطيات، وغيرها من التعاريف التي لابد منها لدى إنشاء القاعدة. وتوفر هذه اللغات طيفاً واسعاً من التعليمات التي تتيح للمستخدم والمبرمج إجراء عمليات الإضافة والحذف والتعديل والاستفسار.
وتوفر أنظمة إدارة قواعد المعطيات أدوات خاصة بالتطوير تمكن من تعريف واجهات التعامل مع قاعدة المعطيات (استمارات إدخال، لوحات تحكم، واجهات للاستفسار، تقارير، ... إلخ).

7-1- لغة تعريف المعطيات: (DDL : Data Definition Language)

يحدّد مخطط قواعد المعطيات بمجموعة من التعاريف التي يُعبر عنها بلغة خاصة تسمى لغة تعريف المعطيات. إن نتيجة ترجمة تعليمات هذه اللغة هي مجموعة من الجداول المخزنة في ملفات خاصة تسمى قاموس المعطيات (**Data dictionary**).

قاموس المعطيات هو ملف يحوي معطيات سامية (**meta-data**) أي "معطيات عن المعطيات" ويجري استدعاء هذا الملف قبل قراءة أو تعديل المعطيات الحقيقية في نظم قواعد المعطيات.

تتحدد بنى التخزين وطرق الوصول المستخدمة من قبل نظم قواعد المعطيات بمجموعة تعاريف في نوع خاص من لغة تعريف المعطيات، تسمى لغة تعريف وتخزين المعطيات.

إن ترجمة هذه التعاريف تعطي مجموعة تعليمات تحدد التفاصيل التنفيذية لمخططات قواعد المعطيات التي لا تظهر للمستثمرين العاديين.

2-7- لغة التعامل مع المعطيات (DML : Data Manipulation Language)

هي لغة تسمح للمستثمرين بالوصول والتعامل مع المعطيات المنظمة بنموذج معطيات معين. توفر لغة التعامل مع المعطيات الوظائف التالية :

- استخلاص المعطيات المخزنة في قواعد المعطيات
- إضافة معلومات جديدة إلى قاعدة المعطيات
- حذف معلومات من قاعدة المعطيات

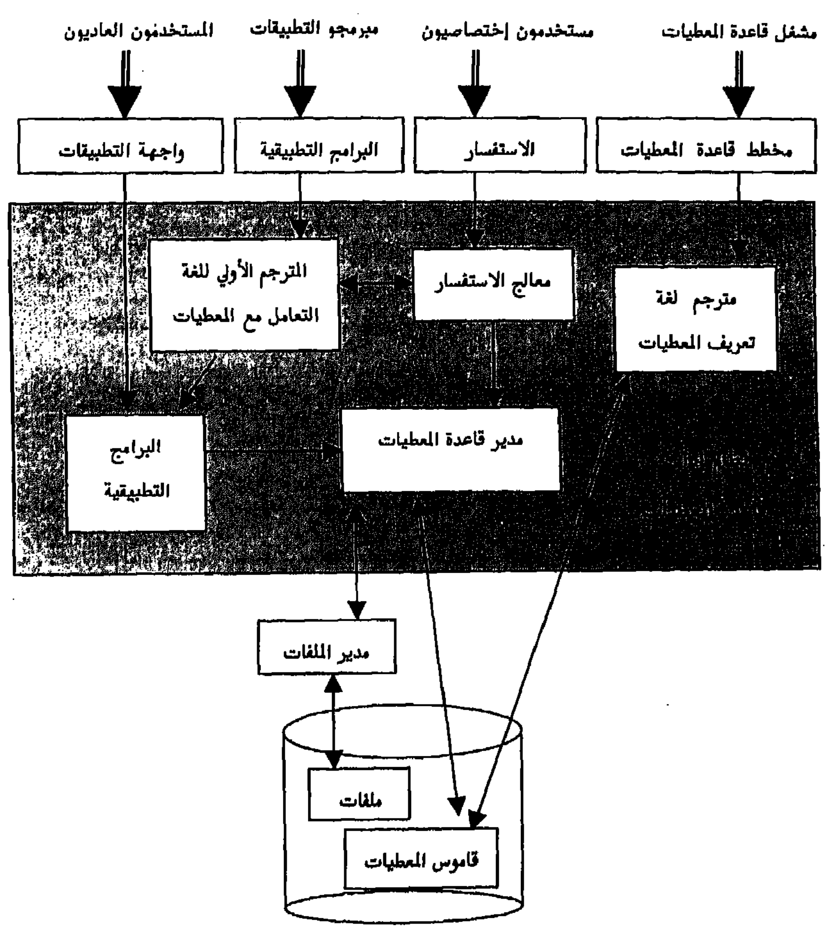
يوجد نوعان رئيسيان من لغات التعامل مع المعطيات :

- لغات إجرائية : وتتطلب من المستثمر تحديد المعطيات التي يحتاج إليها وطريقة الحصول عليها.
- لغات غير إجرائية : وتتطلب من المستثمر تحديد المعطيات التي يحتاج إليها دون تحديد كيفية الحصول عليها.

اللغات غير الإجرائية أسهل تعلماً واستخداماً من اللغات الإجرائية. ولكن لأن المستثمر لايحدد كيفية الحصول على المعطيات، فيمكن أن تولّد اللغة طريقة للوصول ليست فعالة مثل التي يقوم بوضعها المستثمر بلغة التعامل الإجرائية. هذه الصعوبات يمكن أن نتجاوزها باستخدامنا لتقنيات اختزال متعددة.

8- البنية العامة لقاعدة المعطيات

يبين الشكل (1-7) البنية العامة لقاعدة معطيات. وفيما يلي شرح مبسط لأهم العناصر الداخلة في عمل قاعدة المعطيات.



الشكل (1-7) : البنية العامة لقاعدة معطيات

8-1- الاستفسار

هو طلب استخلاص معلومات. ويسمى الجزء المتعلق باستخلاص المعلومات من لغة التعامل مع المعطيات لغة الاستفسار. وفي بعض المصادر يلاحظ استخدام التعبيرين "لغة الاستفسار" و "لغة التعامل مع المعطيات" كمترادفين، وهذا خطأ طبعاً.

8-2- مدير قاعدة المعطيات Data base Manager

تتطلب قواعد المعطيات تخزين قدر كبير من المعطيات، ويصل حجم التخزين عادة إلى عدة جيغابايت أو إلى تيرابايت (1GB=1000MB) و(1TB=1000GB). وبسبب تعذر تخزين هذه المعلومات في الذاكرة الرئيسية للحاسوب، يجري تخزينها على أقراص. وتنتقل المعطيات بين قرص التخزين والذاكرة الرئيسية عند الحاجة. ولما كانت حركة المعطيات من وإلى القرص بطيئة نسبةً إلى سرعة وحدة المعالجة المركزية، فإن نظم قواعد المعطيات تنظم المعطيات بطريقة تقلل الحاجة إلى حركة المعطيات بين القرص والذاكرة الرئيسية.

الهدف من نظم قواعد المعطيات هو تسهيل وتبسيط الوصول إلى المعطيات. ومستثمرو النظام لايهتمون بالضرورة بالتفاصيل التقنية لتنفيذ النظام، وإنما بأداء النظام. فكلما كان زمن الاستجابة طويلاً كلما تضاءلت قيمة النظام.

يعتمد أداء النظام على فعالية بنية المعطيات المستخدمة لتمثيل المعطيات في قاعدة المعطيات وقدرة النظام على العمل على تلك البنى بفعالية.

مدير قواعد المعطيات هو برنامج يلعب دور الواجهة بين المعطيات المخزنة في المستوى الأدنى من قواعد المعطيات والبرامج التطبيقية والاستفسارات التي يتلقاها النظام. وهو المسؤول عن تنفيذ المهام التالية:

8-2-1- التفاعل مع مدير الملفات

تخزن المعطيات على القرص باستخدام نظم الملفات الموجودة في نظام التشغيل. ويقوم مدير قواعد المعطيات بنقل التعليمات المختلفة للتعامل مع المعطيات إلى المستوى الأدنى من تعليمات نظام الملفات. وبذلك يكون مدير قواعد المعطيات مسؤولاً عن التخزين الفعلي لمعطيات القاعدة، والوصول إليها، وتعديلها.

8-2-2- التحقق من تكامل المعطيات

ينبغي أن تحقق القيم المخزنة في قاعدة المعطيات أنواعاً معينةً من شروط التكامل. ويعبر المسؤول عن النظام عن بعض هذه الشروط بشكل واضح وصريح. وبالتالي يجب على مدير قاعدة المعطيات أن يستطيع تحديد إذا كانت قاعدة المعطيات الناتجة من جراء أي تعديل موافقة للشروط. وفي حال عدم تحقق ذلك فيجب القيام بمجموعة من الإجراءات الخاصة (مثل رفض التعديل أو الإدخال).

8-2-3- التحقق من الأمان

قد لايحتاج جميع مستخدمي قاعدة المعطيات إلى الوصول إلى محتوى قاعدة المعطيات بأكمله (أو قد لايُسمح لهم بذلك). ويُعتبر تعريف مجموعة المعطيات التي يسمح لمستخدم معين بالوصول إليها، وتحديد العمليات التي يستطيع إجرائها، من المهام الأساسية التي توكل إلى مدير قاعدة المعطيات كجزء من متطلبات أمن القاعدة.

8-2-4- التأمين والإصلاح

كأي جهاز إلكتروني أو ميكانيكي، تتعرض النظم الحاسوبية للأعطال. يمكن أن تنشأ هذه الأعطال عن عطل في القرص أو في التغذية أو في البرمجيات. وفي كل هذه الحالات

تتعرض معلومات قاعدة المعطيات للضياع. من مسؤوليات مدير قاعدة المعطيات اكتشاف هذه الأعطال وإعادة قاعدة المعطيات إلى الحالة التي كانت بها قبل العطل. ويتحقق هذا عادة من خلال عمليات التأمين وإجراءات الاسترجاع المتضمنة في قاعدة المعطيات.

8-2-5- التحكم بالوصول التزامن

عندما يقوم عدد من المستخدمين بتعديل قاعدة المعطيات بشكل متزامن فإن المعطيات يمكن أن تتعرض بعد فترة إلى تخريب وأن تصبح غير متجانسة. إن التحكم بتفاعل المستخدمين المتزامنين لقاعدة المعطيات هي إحدى مهام مدير قاعدة المعطيات.

نلاحظ بأن نظم قواعد المعطيات المصممة للاستثمار على حواسيب صغيرة (شخصية) لاتملك جميع المهام المذكورة سابقا . فبعضها يترك مهام التأمين والإصلاح والأمن للمستثمر، وبعضها يقصر استخدام الوصول إلى قاعدة لمستثمر واحد في الوقت نفسه.

8-3- مشغل قاعدة المعطيات Data base Administrator

من أحد الأسباب الرئيسية لوجود نظم إدارة قواعد المعطيات هو إيجاد تحكم مركزي لكل من المعطيات وبرمجيات الوصول لتلك المعطيات. يدعى الشخص المسؤول عن هذا التحكم المركزي مشغل قاعدة المعطيات (**Data base Administrator D B A**). تتضمن وظائف يدعى قاعدة المعطيات مايلي:

8-3-1- تعريف المخطط

يولد المخطط البدائي لقاعدة المعطيات بكتابة مجموعة من التعاريف التي تترجم من قبل مترجم لغة تعريف المعطيات (Data Definition Language) إلى مجموعة من الجداول المخزنة تخزيناً دائماً في قاموس المعطيات.

8-3-2- تعريف بنى التخزين طريقة الوصول

يقوم مدير النظام بتوليد بنى التخزين وطرق الوصول بكتابة مجموعة من التعاريف التي يترجمها مترجم لغة تعريف المعطيات إلى بنى تخزين المعطيات.

8-3-3- إجراء التعديلات على المخطط الفيزيائي

نادراً ما يضطر مشغل قاعدة المعطيات إلى إجراء لتعديلات على مخطط قاعدة المعطيات أو على وصف تنظيم التخزين الفيزيائي . تجري هذه التعديلات من خلال كتابة مجموعة من التعاريف التي يستخدمها مترجم لغات تعريف المعطيات ومترجم لغات تعريف وتخزين المعطيات في توليد تعديلات على الجداول الداخلية للنظام (مثلا : قاموس المعطيات).

8-3-4- تحديد سماحيات الوصول للمعطيات

ويُقصد بها توفير الأدوات التي تسمح لمدير قاعدة المعطيات تنظيم أجزاء قاعدة المعطيات وتنظيم المستخدمين الذين يمكنهم الوصول إلى هذه القاعدة.

8-3-5- محددات شروط التكامل

تحفظ شروط التكامل في بنية خاصة يمكن قراءتها من قبل مدير قاعدة المعطيات عند حصول أي تعديل في النظام.

8-4- مستخدمو قاعدة المعطيات

الهدف الأساسي لنظم قواعد المعطيات هو إيجاد محيط للحصول على المعلومات من قاعدة المعطيات ولتخزين معلومات جديدة في قاعدة المعطيات. ثمة أربعة أنواع من مستخدمي قواعد المعطيات يتمايزون من خلال طريقة تفاعلهم مع النظام.

8-4-1- مبرمجو التطبيقات

يتفاعل الحاسوب مع النظام من خلال أوامر تُكتب بلغة التعامل مع المعطيات DML التي تدخل بدورها في برامج مكتوبة بلغة تسمى "اللغة المضيفة" (مثل كوبول، PL/I، باسكال، C). وتدعى هذه البرامج البرامج التطبيقية. مثال: نظام المصارف يحوي برامج لتوليد الشبكات المدفوعة، حسابات الإيداع، حسابات الاسترداد، النقل بين الحسابات. وهكذا ...

تختلف لغة DML عن اللغة المضيفة من خلال الصيغة القواعدية. فعادة يجري وضع رموز خاصة قبل تعليمات DML تسمح لمترجم اللغة المضيفة باستدعاء مترجم يحول جميع التعليمات المكتوبة بلغة معالجة المعطيات DML إلى طلب لإجراءات في اللغة المضيفة. وبالتالي ينتج لدينا برنامج مكتوب باللغة المضيفة يقوم مترجم هذه اللغة بتحويله إلى برنامج تنفيذي.

ثمة أنواع خاصة من لغات البرمجة تقوم بالجمع بين التحكم بالبنى في لغات البرمجة كما في لغة Pascal والتحكم بمعالجة أغراض قواعد المعطيات (مثل العلاقات). تدعى هذه اللغات لغات الجيل الرابع Fourth-generation Language وغالبا ما تحوي أدوات خاصة لتسهيل عملية توليد الاستمارات وإظهار المعطيات على الشاشة. تحوي أكثر نظم قواعد المعطيات التجارية لغات الجيل الرابع.

8-4-2- المستخدمون المحترفون

يتعاملون مع النظام بدون كتابة البرامج فهم يصيغون طلباتهم بلغة الاستفسار التي يوفرها نظام إدارة قواعد المعطيات مباشرة.

8-4-3- المستخدمون الاختصاصيون

هم بعض المستخدمون المتطورون الذين يقومون بكتابة تطبيقات خاصة لقواعد المعطيات والتي لا تدخل في المعالجة التقليدية للمعطيات. مثل تطبيقات التصميم بمساعدة الحاسوب، نظم المعرفة والنظم الخبيرة.

8-4-4- المستخدمون العاديون

هم مستخدمون يتفاعلون مع النظام من خلال أحد البرامج التطبيقية المكتوبة سابقاً.

8-5- مدير الملفات

هو أحد أجزاء نظام التشغيل. يُعتبر هذا البرنامج مسؤولاً عن حجز مناطق التخزين على قرص التخزين وإدارة بنية المعطيات المستخدمة لتمثيل المعلومات المخزنة على القرص.

8-6- معالج الاستفسار

يقوم هذا البرنامج بترجمة التعليمات المكتوبة بلغة الاستفسار إلى مجموعة من التعليمات في المستوى الأدنى التي يفهمها مدير قاعدة المعطيات. كما أنه يقوم بتحويل طلبات المستخدم إلى استفسارات مكافئة أكثر فعالية لإيجاد طريقة جيدة لتنفيذ الاستفسار.

8-7- المترجم الأولي لتعليمات لغة التعامل مع المعطيات DML pre-compiler

يقوم بتحول تعليمات لغة التعامل مع المعطيات DML المتضمنة في البرامج التطبيقية إلى صيغة مكافئة تستخدم تعليمات اللغة المضيفة.

8-8- مترجم لغة تعريف المعطيات DDL compiler

يقوم بتحويل تعليمات DDL إلى مجموعة من الجداول التي تتضمن وصفاً لبنية قاعدة المعطيات (metadata).

بالإضافة إلى ما سبق فإن العديد من بنى المعطيات الضرورية لتحقيق نظام إدارة قواعد المعطيات ، أهمها:

ملفات المعطيات Data files حيث يجري تخزين قاعدة المعطيات.

قاموس المعطيات Data dictionary حيث تخزن المعطيات حول بنية قاعدة المعطيات.

الفهارس وتستخدم لتسريع الوصول إلى المعطيات.

تمارين الفصل الأول

1- اذكر أربعة فروق أساسية بين نظم إدارة الملفات ونظم إدارة قواعد المعطيات

2- اشرح الفرق بين ارتباط المعطيات المنطقي والفيزيائي

3- تقوم شركة الطيران العربية السورية بتنظيم رحلات جوية تنطلق من عدد من المدن السورية (دمشق، حلب، اللاذقية، دير الزور) إلى عواصم ومدن عديدة. تمتلك الشركة أسطولاً جوياً يضم عدداً من طائرات نقل الركاب لكل منها سعة محددة (العدد الأعظمي للركاب). ويجري تكليف كل طائرة بعدد من الرحلات. يحجز الزبائن الأماكن قبل موعد الرحلة بثلاثة أيام على الأقل، ويجري تسجيل أسماء وعناوين الركاب في قائمة خاصة بكل رحلة.

أوجد المخطط المنطقي باستخدام النموذج الهرمي

بكم طريقة يمكن إعطاء هذا المخطط

كيف يتم إختيار المخطط المناسب

أعط مثالاً عن محتوى القاعدة وفق مخطط مختار

4- لتكن قاعدة المعطيات المذكورة في التمرين السابق

أوجد المخطط المنطقي للقاعدة باعتماد النموذج الشبكي

أعط مثالاً عن محتوى القاعدة وفق هذا المخطط.

الفصل الثاني

المخطط المفاهيمي لقاعدة المعطيات

نموذج كيانات–ارتباطات

مقدمة

رأينا في الفصل السابق أن المبدأ العام لتصميم قاعدة المعطيات يعتمد مبدأ التجريد المتتالي للواقع المدروس، بحيث يجري في كل مرحلة وصف محتوى قاعدة المعطيات بشيء من التفصيل الإضافي عن المرحلة التي سبقتها.

ورأينا أن لهذا المنحى فوائد عديدة أهمها عزل المعطيات عن محيط العمل وعن البرامج التي تتعامل مع المعطيات.

إن نقطة البداية في إنشاء أي قاعدة معطيات هي إنشاء المخطط المفاهيمي Conceptual shcema .

جرى في نهاية الستينيّات وبداية السبعينيّات من القرن العشرين تطوير عدة نماذج وطرق لإنشاء المخططات المفاهيمية. وقد كانت طريقة مخططات الكيانات والارتباطات : ERD Entity Relationship Diagrams التي اقترحها Chen ، والتي خضعت للعديد من عمليات التطوير والتهذيب، أشهر هذه الطرق، وهذا ما جعلها تطغى على غيرها من الطرق وتصبح معتمدةً في معظم الأنظمة المساعدة في هندسة البرمجيات CASE.

يعتمد نموذج المعطيات كيان–ارتباط على تمثيل العالم الحقيقي بمجموعة من الأغراض تُسمى كيانات، وتعريف الارتباطات فيما بينها. طُوِّر هذا النموذج لتسهيل تصميم قواعد المعطيات، فهو يسمح بتحديد مخطط المؤسسة الذي يمثل البنية المنطقية لقاعدة المعطيات.

1- الكيانات وصفوف الكيانات

الكيان : هو غرض مميز عن غيره من الأغراض التي سيجري تخزينها في قاعدة المعطيات.

فمثلاً الطالب سعيد الذي يحمل البطاقة الجامعية ذات الرقم 402727 الصادرة عن جامعة دمشق هو كيان لأنه لا يوجد شخص آخر في العالم يحقق هذه المواصفات.

نلاحظ من المثال السابق أن الكيانات يمكن أن تكون مادية concrete أو محسوسة (شخص، كتاب، سيارة، قاعة، ...إلخ) كما يمكن أن تعبر عن أشياء مجردة abstract (يوم السبت الواقع في 2000/7/15، حجز مقعد في رحلة الطائرة السورية المغادرة إلى لندن يوم الأحد في 2000/7/16، ...إلخ).

صفوف الكيانات : بسبب العدد الكبير الذي يمكن أن تحويه قاعدة المعطيات، يجري تجميع الكيانات المتشابهة في مجموعات تسمى صفوف الكيانات. مثل : صف الأشخاص الذين لهم حساب في مصرف، صف الحسابات المصرفية، صف الموظفين، صف السيارات، صف القروض، .....

من الممكن أن تتقاطع صفوف الكيانات. مثال : يمكننا تعريف ضمن مؤسسة مصرفية صفوف الكيانات التالية :

- صف موظفي المصرف.

- صف الزبائن (الأشخاص الذين لديهم حساب مصرفي في المصرف).
- صف الأشخاص الذين لهم علاقة في المصرف، والذين يمكن أن ينتموا إلى صف الموظفين أو صف الزبائن أو لا ينتموا إلى أيٍ من الصفين السابقين.

طريقة تمثيل الكيان : يُمثل الكيان بمجموعة من الواصفات. ولكل واصف مجموعة من القيم المكنة. تُسمى مجموعة القيم المكنة لواصفة بمجال الواصف Attribute Domain، من ثم يتصف الكيان بأزواج من الشكل (واصف، قيمة الواصف).

مثال :

يتصف زبون مصرف بالواصفات التالية : (الاسم، رقم الهوية، المدينة، الشارع) ويتصف زبون معين يمثل كياناً بـ :

{ (الاسم: محمد)، (رقم الهوية: 1213141)، (المدينة: دمشق)، (الشارع: المنارة)}

يشبه مفهوم صف الكيانات مفهوم نمط المعطيات في لغات البرمجة، حيث يجري تعريف قالب عام يمثل مجموعة من الأغراض، يجري بواسطتها تعريف متحولات لكل منها قيمة معينة، ولكنها تشترك في البنية، إذ يوافق مفهوم المتحوّل في لغات البرمجة مفهوم الكيان في نموذج الكيانات والارتباطات.

تضم قاعدة المعطيات مجموعة من صفوف الكيانات يحوي كلٌ منها عدداً غير محدود من الكيانات.

يبين الشكل (1) جزءاً من قاعدة معطيات المؤسسة المصرفية، يبين صفي الكيانات: الزبائن والحسابات المصرفية. يبين هذا الشكل جزءاً من محتوى قاعدة المعطيات من خلال محتوى صفي الكيانات السابقين :

رصيد الحساب	رقم الحساب
1234	120
234	133
144434	556
123499	16
8234	188
33456	6789
88902	3356

الحسابات المصرفية

الاسم	رقم الهوية	المدينة	الشارع
محمد	1213141	دمشق	المنارة
محمود	132441	دمشق	قصاع
يوسف	17771	حماة	النواعير
سامي	5558881	حمص	الدبلان
وسام	667789	دمشق	الميدان
حسام	6678986	اللاذقية	الكورنيش

الزبائن

الشكل (1) : مثال لمحتوى صفي الكيانات

2- الارتباط وصفوف الارتباطات

الارتباط : هو علاقة تربط مجموعة من الكيانات بعضها ببعض. فمثلاً يمكن أن نجد ارتباطاً بين الشخص محمد والحساب المصرفي ذي الرقم 133. يشير هذا الارتباط إلى أن محمداً هو زبون للمصرف وله حساب مصرفي رقمه 133.

صف الارتباطات : هو مجموعة من الارتباطات من نوع واحد. يمكننا التعبير رياضياً عن صف الارتباطات كما يلي :

إذا كانت $E1, E2, E3, \ldots, En$ مجموعة من صفوف الكيانات فيعرف صف الارتباطات R كمجموعة جزئية من الجداء الديكارتي

$$\{ (e1, e2, e3, \ldots, en) \mid e1 \in E1, e2 \in E2, e3 \in E3, \ldots, en \in En \}$$

حيث $(e1, e2, e3, \ldots, en)$ هي علاقة ارتباط.

مثال : يبين الشكل (2) علاقة ارتباط بين صفي الكيانات : الزبائن، الحسابات المصرفية، ونسمي هذه العلاقة ب زبون–حساب.

رقم الحساب	رصيد الحساب
1234	120
234	133
144434	556
123499	16
8234	188
33456	6789
88902	3356

الاسم	الرقم	المدينة	الشارع
محمد	1213141	دمشق	المنارة
محمود	132441	دمشق	قصاع
يوسف	17771	حماة	النواعير
سامي	5558881	حمص	الدبلان
وسام	667789	دمشق	الميدان
حسام	6678986	اللاذقية	الكورنيش

الحسابات المصرفية   العلاقة   الزبائن

زبون—حساب

الشكل (2) : علاقة ارتباط

العلاقة السابقة هي علاقة ثنائية بين صفين من صفوف الكيانات. ويلاحظ أن أغلب علاقات الارتباط في قواعد المعطيات هي علاقات ارتباط ثنائية، ويسعى مصممو قواعد المعطيات لتحويل علاقات الارتباط غير الثنائية إلى مجموعة من علاقات ارتباط ثنائية، لأن هذا النوع من الارتباطات هو الأكثر فهماً وقرباً للواقع.

يمكن أن تتصف علاقة الارتباط بمجموعة من الواصفات. مثال : ربط الواصف "تاريخ" بعلاقة الارتباط زبون–حساب. يحدد هذا الواصف تاريخ الحالة التي أخذ فيها حساب الزبون المصرفي.

3- الواصفات

إن مفهومي صف الكيانات وصف الارتباطات غير كافيين وحدهما لتحديد مخطط قاعدة المعطيات. فيمكننا الربط بين صفي كيانات باستخدام صف ارتباطات بطرق مختلفة، ويظهر الفرق الرئيسي في طريقة معالجة الواصفات المرتبطة بكل من الكيانات والارتباطات.

فإذا أردنا مثلاً تعريف قاعدة معطيات تتضمن معلومات عديدة من بينها معلومات عن الموظفين والهواتف التي يملكونها. يمكننا تعريف مخطط كيان– ارتباط للقاعدة بطريقتين :

الطريقة الأولى : تعريف صف كيانات واحد نسميه "موظفاً" ونربط به الواصفات التالية :

- اسم الموظف
- رقم الهاتف

الطريقة الثانية : تعريف صفي كيانات (موظف، هاتف) وربطهما بصف الارتباطات (موظف–هاتف). وفي هذه الحالة يكون لدينا ما يلي :

- الواصفات المرتبطة بصف الكيانات "موظف" هي : اسم الموظف
- الواصفات المرتبطة بصف الكيانات "هاتف" هي : رقم الهاتف، مكان التركيب

• علاقة الارتباط موظف–هاتف التي تعبر عن العلاقة بين الموظفين والهواتف التي يملكونها.

نلاحظ أن الفرق بين التعريف بالطريقة الأولى والطريقة الثانية هو أن التعريف الأول يحدد لكل موظف رقم هاتف واحد فقط، أما التعريف الثاني فيسمح بأن يكون للموظف أكثر من هاتف أو ألّا يملك الموظف أي هاتف. إن التعريف بالطريقة الثانية أعم ويعبر تعبيراً أدق عن الواقع الحقيقي.

ومن هنا نلاحظ أن هناك سؤالاً دائماً يطرح على مصممي قاعدة المعطيات : ما هي الكيانات التي يجب أن تعتبر واصفات؟ وماهي الكيانات التي يجب أن تُعتبر صفوف كيانات؟

الجواب ليس بسيطاً ويعتمد على بنية المسألة المراد نمذجتها، والمعنى المرتبط بالواصفات في السؤال المطروح.

4– تمثيل الشروط

يُشترط في مخطط الكيانات والارتباط أن يُعبر عن الشروط التي يجب أن يحققها محتوى قاعدة المعطيات في كل لحظة. إن أحد أهم هذه الشروط هو درجة الارتباط، وهو مقدار يُعبر عن الكيانات التي يمكن أن ترتبط بكيانات أخرى عبر مجموعة الارتباطات.

تُستخدم درجة الارتباط غالباً في وصف الارتباطات الثنائية، وتدخل أحياناً في وصف علاقات الارتباط بين أكثر من صفي كيانات. سنهتم حالياً بالارتباطات الثنائية.

لتكن R علاقة ارتباط ثنائية بين صفي الكيانات A, B . تأخذ درجة الارتباط إحدى الحالات التالية:

واحد–واحد : كل كيان من صف الكيانات A يرتبط على الأكثر بكيان واحد من صف الكيانات B، وبالعكس كل كيان من صف الكيانات B يرتبط على الأكثر بكيان واحد من صف الكيانات A.

واحد–كثير : من الممكن لكيان من A أن يرتبط بأي عدد من الكيانات في B، وكل كيان من B يرتبط على الأكثر بكيان واحد من A.

كثير–واحد : كل كيان من A يرتبط على الأكثر بكيان من B ويمكن لكيان من B أن يرتبط بعدد من الكيانات من A.

كثير–كثير : يمكن لكيان من A أن يرتبط بعدد من الكيانات من B، وبالعكس يمكن لكيان من B أن يرتبط بعدد من الكيانات من A.

إن تحديد درجة الارتباط يعتمد على ملاحظة الواقع الذي تجري نمذجته بواسطة مجموعات الارتباطات. فإذا نظرنا إلى الارتباط بين صف الكيانات "زبون" وصف الكيانات "حساب" فإن هذا الارتباط يبدو للوهلة الأولى أنه من نوع واحد–واحد ولكن قد يتبين من مناقشة العاملين في المصرف أنه يُسمح لزبون معين أن يمتلك أكثر من حساب مصرفي. في هذه الحالة يتحول الارتباط زبون–حساب إلى النوع واحد–كثير، وفي مرحلة تالية يمكن أن تستنتج أن المصرف يسمح بفتح حسابات مشتركة (لأفراد العائلة الواحدة مثلاً) وعندها يتحول الارتباط إلى نوع كثير–كثير.

5- المفاتيح

من المهم أن نحدد كيف نميز الكيانات التي تنتمي إلى صف كيانات معين، وكذلك الارتباطات التي تنتمي إلى صف ارتباطات معين. ومن وجهة نظر تصميمية، يجري التميز بين الكيانات في صف واحد بواسطة الواصفات.

5-1-المفتاح الأعلى أو المفتاح الرئيسي

يُستخدم مفهوم المفتاح الأعلى Superkey للتمييز بين الكيانات والروابط بعضها عن بعض. ويجري هذا التمييز بواسطة قيم الواصفات المرتبطة بها. ويعرف بأنه مجموعة تضم واصفاً أو أكثر تسمح مجتمعة بتمييز كيان واحد من مجموعة من الكيانات المنتمية إلى صف واحد.

أمثلة :

- (الرقم الذاتي) يُكوِّن هذا الواصف مفتاحاً رئيسياً لصف الكيانات (الزبائن) وذلك لأنه قادر على تمييز كيان : زبون من زبون آخر. فالقيمة 12345 للرقم الذاتي تُميز زبوناً وحيداً من صف الزبائن.

- (الرقم الذاتي، اسم الزبون) هذه مجموعة من الواصفات تُكوِّن مفتاحاً رئيسياً لأنها قادرة على تمييز كيان : زبون من زبون آخر، ولكن (اسم الزبون) كواصف لا يُكوِّن وحده مفتاحاً رئيسياً لأنه يمكن لعدة أشخاص أن يحملوا الاسم نفسه. فالاسم غير كافٍ وحده لتمييز كيان عن آخر.

رأينا في المثال السابق أن المفتاح الرئيسي لصف كيانات أو ارتباطات يمكن أن يحوي عدداً غير محدود من الواصفات. فإذا كانت K مجموعة من الواصفات التي تُكوِّن

مفتاحاً رئيسياً، فإن أي مجموعة من الواصفات تحوي المجموعة K هي مفتاح رئيسي أيضاً.

غالباً ما نهتم بالمفتاح المرشَّح Candidate key وهو مفتاح رئيسي مؤلف من مجموعة من الواصفات ولا توجد مجموعة جزئية من هذه المجموعة تُكوِّن مفتاحاً رئيسياً.

5-2- المفتاح الأولي Primary key

هو مفتاح مرشح اختاره مصمم قاعدة المعطيات كطريقة أساسية لتمييز الكيانات عن بعضها البعض والمنتمية إلى صف كيانات واحد.

يُوصف صف الكيانات بأنه صف كيانات ضعيف إذا لم يحو مجموعة من الواصفات الكافية لتكوِّن مفتاحاً أولياً، ويُوصف بأنه صف كيانات قوي في الحالة المعاكسة.

رأينا سابقاً أن المفتاح الأولي لمجموعة كيانات يميز الكيانات بعضها عن بعض. ونحتاج إلى تقنية مشابهة لتمييز الارتباطات المنتمية لصف الارتباطات.

سنصف أولاً علاقة الارتباط، ثمّ نعرِّف المفتاح الأولي لعلاقة الارتباط هذه.

5-3- وصف علاقة الارتباط

ليكن لدينا العلاقة R علاقة الارتباط بين مجموعة من صفوف الكيانات E1, E2, E3, ..., En ولنرمز بـ PK(Ei) إلى المفتاح الأولي لصف الكيانات Ei . ولنفترض أن أسماء الواصفات المميزة لجميع المفاتيح الأولية وحيدة (أي لا يوجد أسماء واصفات مشتركة بين PK(E1), PK(E2), ...,PK(En)) وإن وجدت فإننا نغير أسماء الواصفات.

ولنفترض أن علاقة الارتباط R لا تحوي أي واصف .فإن واصفات علاقة الارتباط R ولنرمز إليها بـ ATTRIBUTE(R) هي .

$$PK(E1) \cup PK(E2) \cup \ldots\ldots\cup PK(En)$$

إذا كان لـ R مجموعة من الواصفات ولتكن {a1, a2, a3, …., am} فإن واصفات علاقة الارتباط R ولنرمز إليها بـ ATTRIBUTE(R) هي :

$$PK(E1) \cup PK(E2) \cup \ldots\ldots\cup PK(En) \cup \{a1, a2, a3, \ldots, am\}$$

مثال : لتكن لدينا علاقة الارتباط زبون–حساب مصرفي التي تربط بين صفي الكيانات : زبائن، حسابات مصرفية. وليكن المفتاح الأولي لصف الزبائن هو " رقم الزبون"، والمفتاح الأولي لصف الحسابات المصرفية هو " رقم الحساب المصرفي"، وليكن لعلاقة الارتباط زبون–حساب مصرفي واصف هو "التاريخ".

الواصفات التي تميز علاقة الارتباط زبون–حساب مصرفي هي :

ATTRIBUTE (R) = { client-nb } ∪ { account-nb } ∪ {date }

5–4– المفتاح الأولي لعلاقة الارتباط

يتعلق المفتاح الأولي لعلاقة الارتباط R بالواصفات المرتبطة بها وبدرجة الارتباط بصفوف الكيانات الموجودة على حدي العلاقة.

فإذا لم توجد واصفات مرتبطة بالعلاقة R، فإن مجموعة الواصفات المؤلفة لـ ATTRIBUTE(R) تُكوِّن مفتاحاً رئيسياً للعلاقة R. ويُكوِّن هذا المفتاح المفتاح الأولي للعلاقة R إذا كانت حدود العلاقة من الشكل كثير–كثير، أما إذا كانت العلاقة من الشكل كثير–واحد فإن المفتاح الأولي للعلاقة يتألف من المفتاح الأولي لصف الكيانات الذي يرتبط بالكثير.

وفي حال وجود واصفات مرتبطة بالعلاقة R فيتكوَّن المفتاح الأولي لها كما أوردنا سابقاً، مضافاً إليه واصف أو أكثر من واصفات R.

مثال : لنأخذ صفي الكيانات "زبون" و "مصرف" وعلاقة الارتباط "زبون-مصرف" التي تربط كل زبون بالمصارف التي يتعامل معها. ولنفترض أن لعلاقة الارتباط هذه واصفة هي (نوع)، تصف طبيعة علاقة الارتباط بين الزبون والمصرف.

فإذا كان بإمكان مصرف أن يؤدي دورين مختلفين في علاقته مع زبون معين. فإن المفتاح الأولي لعلاقة الارتباط "زبون-مصرف" تتألف من اجتماع المفاتيح الأولية المتعلقة بـ "زبون" و "مصرف" مضافاً إليها الواصفة (نوع).

وفي حال وجود علاقة من نوع واحد فقط بين "مصرف" و"زبون"، فإن الواصفة (نوع) لا تُكوّن جزءاً من المفتاح الأولي لعلاقة الارتباط "زبون-مصرف"، والمفتاح الأولي هو فقط اجتماع المفاتيح الأولية لكل من "زبون" و "مصرف".

5-5- صفوف الكيانات الضعيفة

نقول عن صف كيانات إنّه صف كيانات ضعيف إذا كان لا يحوي مفتاحاً أولياً.

مثال :

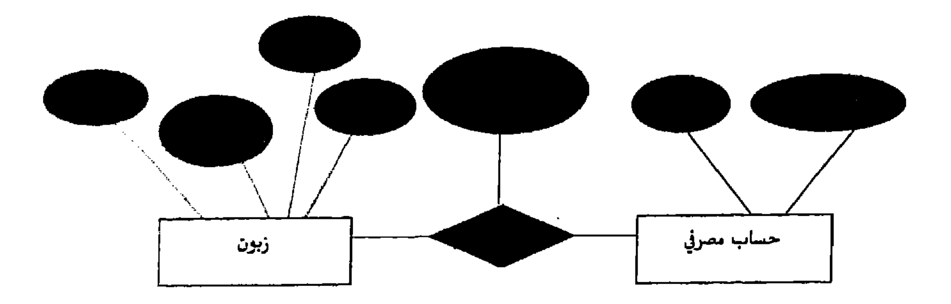
ضمن قاعدة معطيات تحوي معلومات عن القروض وعمليات سداد هذه القروض بواسطة مجموعة من الدفعات، يجري تحديد صفي كيانات : الكيانات "دفع" و صف كيانات "قرض". لنأخذ صف الكيانات "دفع" Payment الذي لديه ثلاث واصفات (رقم الدفع، تاريخ الدفع، الكمية) نلاحظ أن عملية الدفع تتعلق بالقرض المأخوذ ويمكن أن يوجد كيانان غير متمايزين في صف الكيانات "دفع" لقرضين متمايزين. من ثَم لا يوجد مفتاح أولي لصف الكيانات " دفع" وهو صف كيانات ضعيف.

يجري تكوين المفتاح الأولي لصف كيانات ضعيف من المفتاح الأولي لصف الكيانات القوي المرتبط وجوده به مضافاً إليه مجموعة الواصفات المميزة لصف الكيانات الضعيف. في مثالنا السابق يكون المفتاح الأولي (رقم القرض، رقم الدفع).

6- مخطط تمثيل كيان-ارتباط E-R Diagram

يمكن التعبير عن بنية قاعدة المعطيات بيانياً باستخدام مخطط كيان-ارتباط. يتألف هذا المخطط من المكونات التالية :

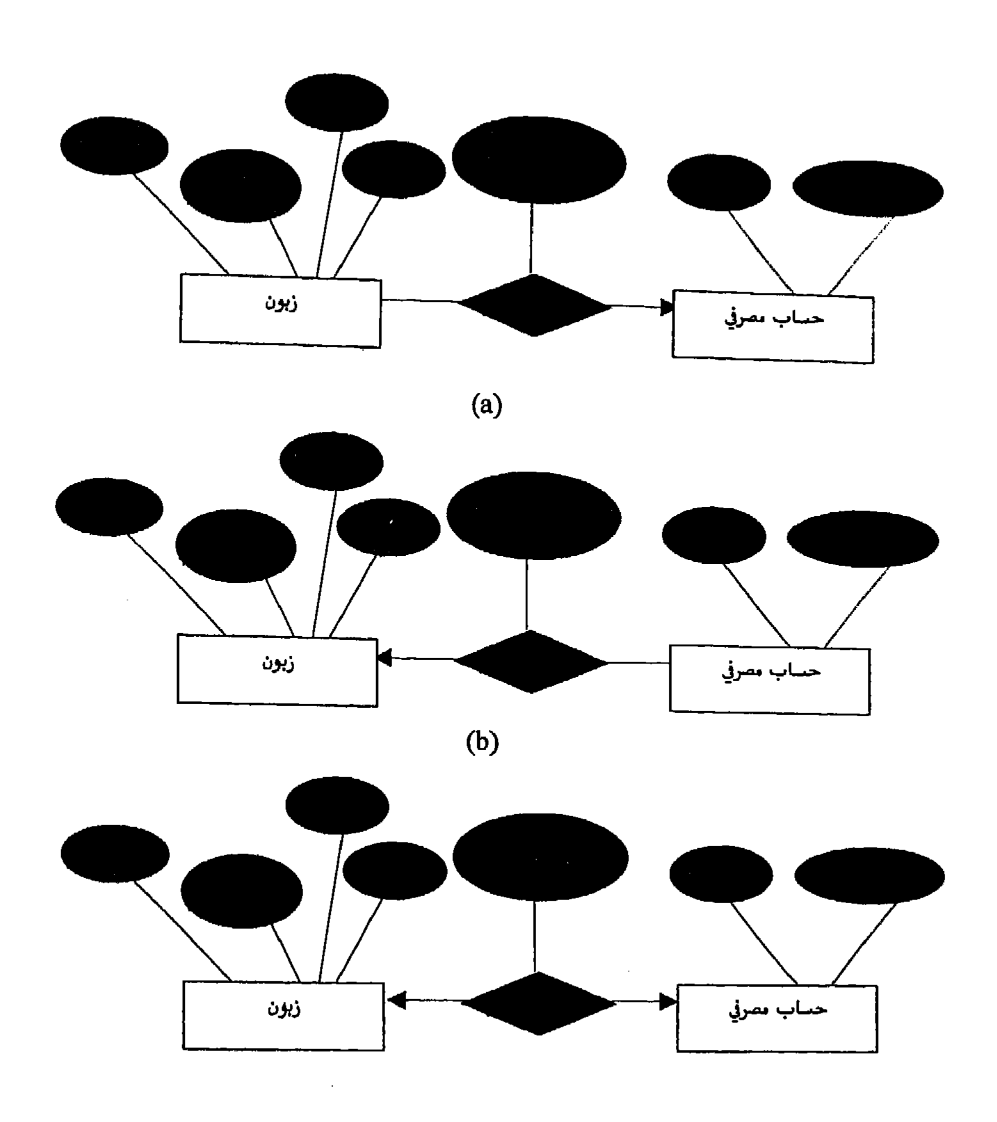
- مستطيلات : تُمثل صفوف الكيانات،
- مستطيل مضاعف : لتمثيل صف الكيانات الضعيف.
- قطوع : تُمثل الواصفات،
- معينات : تمثل صفوف الارتباطات،
- خطوط : تربط بين صفوف الكيانات بالواصفات، وتربط صفوف الكيانات بصفوف الارتباطات.
- خط تحت الواصفات المميزة لصف الكيانات.
- خط متقطع تحت الواصفات المميزة لصف الكيانات الضعيف.
- معيّن مضاعف لتمثيل علاقة ارتباط صف كيانات ضعيف بصف كيانات قوي.



الشكل (3) : مثال لمخطط كيانات -ارتباطات

لنتأمل الشكل (3). المخطط E-R الذي يتألف من صفي كيانات هما : زبون، حساب مصرفي. المرتبطان بعلاقة ارتباط ثنائية هي زبون-حساب مصرفي، الواصفات المرتبطة بالزبون هي : اسم الزبون، رقم الهوية، الشارع، المدينة. والواصفات المرتبطة بالحساب المصرفي هي : رصيد، رقم حساب. أما الواصفات المرتبطة بالعلاقة زبون-حساب فهي : التاريخ (تاريخ فتح الحساب).

يمكن لعلاقة الارتباط زبون-حساب أن تكون من الشكل كثير-كثير، واحد-كثير، كثير-واحد، أوأخيراً واحد-واحد. للتمييز بين هذه الأنواع سوف نستخدم خطاً موجهاً (→) أو خطاً غير موجه من الشكل (—) للربط بين صف الارتباطات وصف الكيانات المعني. يُستخدم الخط الموجه من صف الارتباطات "زبون-حساب" إلى صف الكيانات "حساب مصرفي" لبيان أنه يرتبط بصف الكيانات "زبون" بعلاقة من الشكل واحد-واحد أو كثير-واحد ، ولا يمكنه أن يرتبط بعلاقة كثير-كثير أو واحد-كثير بصف الكيانات "زبون".



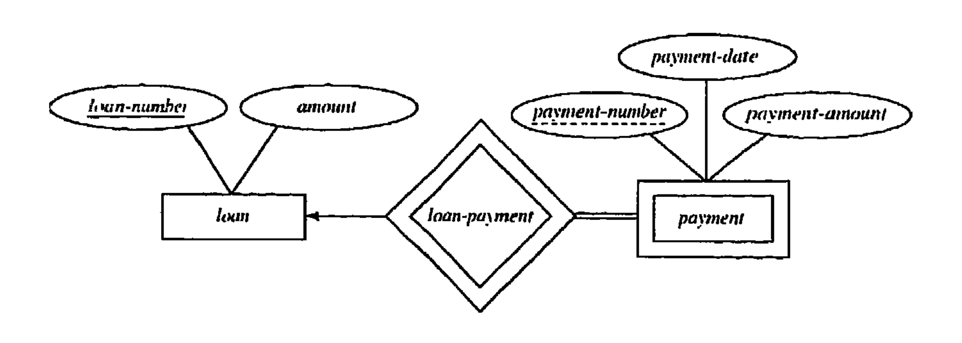
(c)

الشكل (4) : مثال لمخطط كيانات -ارتباطات

أما الخط غير الموجه الذي يربط صف الارتباطات "زبون-حساب" بصف الكيانات "حساب" فيبيّن بأنه يرتبط بعلاقة كثير-كثير أو كثير-واحد بصّف الكيانات زبون

يبين الشكل (3) أن علاقة الارتباط "زبون-حساب" هي من النوع كثير-كثير. يبين الشكل (4)الحالات الثلاث : (a)علاقة الارتباط "زبون-حساب" هي من النوع واحد-كثير من الزبون إلى الحساب، (b) علاقة الارتباط "زبون-حساب" هي من النوع كثير-واحد من الزبون إلى الحساب، (c) علاقة ارتباط من النوع واحد-واحد بين الزبون والحساب حيث يكون الخطان اللذان يربطان صف الارتباط بكلٍ من صفي الكيانات موجهين.

يُمثّل الشكل (5) علاقة ارتباط ضعيفة بين صف الكيانات الضعيف "دفع" وصف الكيانات القوي "قرض".



الشكل (5) : تمثيل مخطط كيانات-ارتباط

7- نموذج كيان-ارتباط موسَّع

يمكن للمفاهيم الأساسية في نموذج كيان-ارتباط أن تُوفر معظم الوظائف المطلوبة لنمذجة قاعدة المعطيات. وتُصبح المفاهيم الأساسية في قواعد المعطيات أكثر وضوحاً بإضافة بعض التوسع إلى النموذج الأساسي لنموذج كيان-ارتباط. يتضمن هذا التوسع علاقات التخصيص والتعميم(مستوى أعلى، مستوى أدنى)، وتوريث الواصفات، والتجميع.

7-1-علاقة التخصيص

يمكن أن يوجد ضمن مجموعة كيانات، كيانات مميزة عن الكيانات الأخرى بطريقة ما. إذ يمكن أن تمتلك مجموعة جزئية من الكيانات واصفات غير مشتركة مع بقية الكيانات في المجموعة. إن نموذج E-R الموسع يقدم طرقاً لتمثيل هذا التمايز بين تجمع الكيانات، وتسمى عملية تحديد مجموعات جزئية من مجموعة الكيانات الأساسية عملية تخصيص.

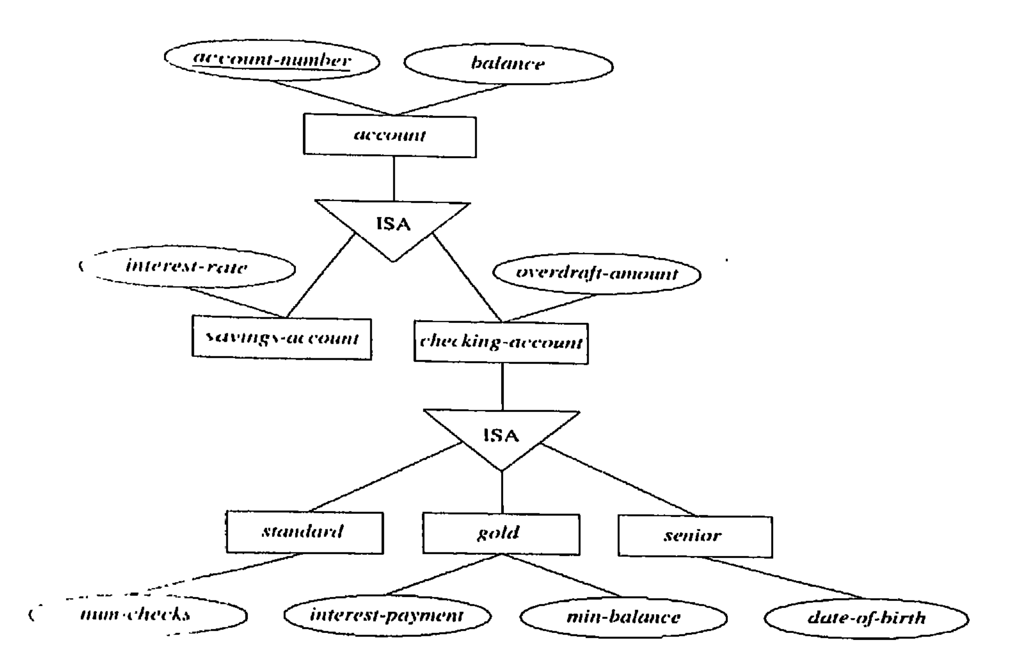
مثال : لنأخذ مجموعة الكيانات "الحساب" والموصفة بالواصفات : رصيد الحساب، المبلغ

صُنف الحساب فيما بعد إلى حسابين : حساب توفير وحساب شيكات. يمتلك كل نوع من الحسابين السابقين كل واصفات الحساب الأساسية (رقم الحساب، الرصيد)، ويحوي كل منهما واصفات إضافية، ففي حالة حساب التوفير يضاف إلى هذين الواصفين واصف جديد يتعلق بمعدل الفائدة، وفي حالة حساب الشيكات يضاف واصف جديد يتعلق بالرصيد الأدنى للحساب.إن عملية التمييز بين النوعين السابقين للحساب المصرفي هي عملية تخصيص.

يمكن لعملية التخصيص أن تجرى بعـدة هيئـات، ففـي مثالنـا السـابق كـان التخصيـص حسب نوع الحساب، ومن الممكن أن يكون حسب مالك الحساب. عندها تكـون النتيجـة (حساب تجاري، وحساب شخصي).

يجري تمثيل التخصيص في مخطط الكيانات والارتباطات بواسطة مثلـث يوضـع بداخلـه كلمة "ISA" دلالـة على "is a" . تُمثـل هـذه العلاقـة علاقـة مـن نـوع "Superclass-Subclass" في النمذجة الغرضية التوجه.

يُمثل المخطط التالي الشكل (6) علاقة التخصيص للكيان "حسـاب" إلى "حسـاب توفـير" و"حساب شيكات" وعلاقة تخصيص للكيـان "حسـاب شـيكات" إلى "حسـاب عـادي". "حساب مجمد" ، "حســاب فعـال"، حيـث "حسـاب عـادي" هـو حسـاب للأشـخاص المتقدمين في العمر، "حساب مجمد" هو حساب برصيد لا يقل عـن حـد معـين ويتقـاضى الزبون عليه فائدة، أما "حساب فعال" فهو الحساب الجـاري الـذي يتعـامل بـه الزبـون باستخدام عدد من الشيكات.



الشكل (6) : مثال لعلاقة تخصيص

7-2- علاقة التعميم

إن عملية التعميم هي عملية تصميم من الأسفل إلى الأعلى (bottom-up) يجري فيها مجموعات الكيانات الجزئية وذلك اعتماداً على الخواص المشتركة في مجموعة كيانات أشمل.

مثال : من الكيان "حساب الشيكات" المؤصف بالواصفات : رقم الحساب. الرصيد. الرصيد الأدنى. وكيان "حساب التوفير" الموصف بالواصفات : رقم الحساب. المبلغ. معدل الفائدة.

بالتعميم نجد كيان " الحساب" في المستوى الأعلى المرتبط بـ "حساب الشيكات" و"حساب التوفير" في المستوى الأدنى.

كما نرى أن التعميم هو عكس التخصيص، ولذلك فإننا لا نميز بينهما في مخطط الكيانات والارتباطات.

7-2-1- توريث الواصفات

الخاصة المميزة للكيانات في المستوى الأعلى والأدنى المولدة بالتخصيص والتعميم هي توريث الواصفات. وبوجه عام يطبق على أي جزء من المخطط E-R و يمثل تخصيصا أو تعميما ما يلي :

الواصفات والعلاقات المعرفة في المستوى الأعلى تطبق على جميع الكيانات في المستويات الدنيا المرتبطة به.

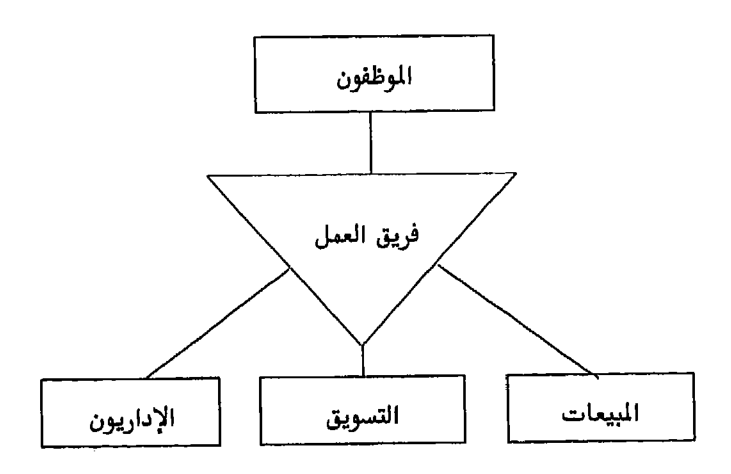
تتعلق الواصفات المعرفة على الكيانات في المستوى الأدنى فقط بالكيان المعني في المستوى الأدنى.

7-2-2- القيود التصميمية

لنمذجة مؤسسة نمذجة صحيحة يحتاج مصمم قواعد المعطيات إلى وضع **شروط على تعميم محدد**. تحدد هذه الشروط الكيانات التي تكون مجموعة كيانات مستوى أدنى، ويجري ذلك بطريقتين :

تعريف سابق Predefined Condition: يجري تحديد الأعضاء بواسطة شرط سابق التعريف. مثال : في مجموعة الكيانات "حساب" يجري تحديد مجموعتين للكيانات في المستوى الأدنى (حساب توفير، حساب شيكات) حسب الواصف " نوع الحساب".

تعريف ديناميكي (من قبل المستثمر) User defined : حيث يجري تحديد أعضاء مجموعة كيانات من قبل مستخدم قاعدة المعطيات. مثال : لنفترض أنه يجري توزيع موظفي المصرف على فرق عمل بعد أن يكونوا قد أمضوا ثلاثة أشهر من العمل. لا تجري عملية التوزيع آليا وإنما يجريها مستثمر النظام. إن مجموعات الكيانات المثلة لفرق العمل تكون المستوى الأدنى (التخصيص) لمجموعة كيانات "موظفو المصرف".



ترتبط عملية التعميم/التخصيص بمجموعات لها الخصائص التالية :

منفصلة Disjoint : أي كيان من المستوى الأدنى (ضمن مجموعات التخصيص) يرتبط بكيان واحد على الأكثر من مجموعة كيانات المستوى الأعلى. مثال : "الحساب" ومجموعتا "حساب الشيكات" و "حساب التوفير".

التراكب Overlapping : يمكن لكيان من المستوى الأعلى (مجموعة التعميم) أن يرتبط بأكثر من كيان من المستوى الأدنى (مجموعات التخصيص). مثال : "فرق العمل" و"موظفو المصرف" إذ يمكن أن يشترك موظف بأكثر من فريق عمل .

ويمكن لعملية التعميم/التخصيص أن تكون :

كلية Total : أي إن أي كيان من المستوى الأعلى يرتبط على الأقل بكيان من المستوى الأدنى.

جزئية : يمكن أن يوجد كيان في المستوى الأعلى لا يرتبط بأي كيان في المستوى الأدنى.

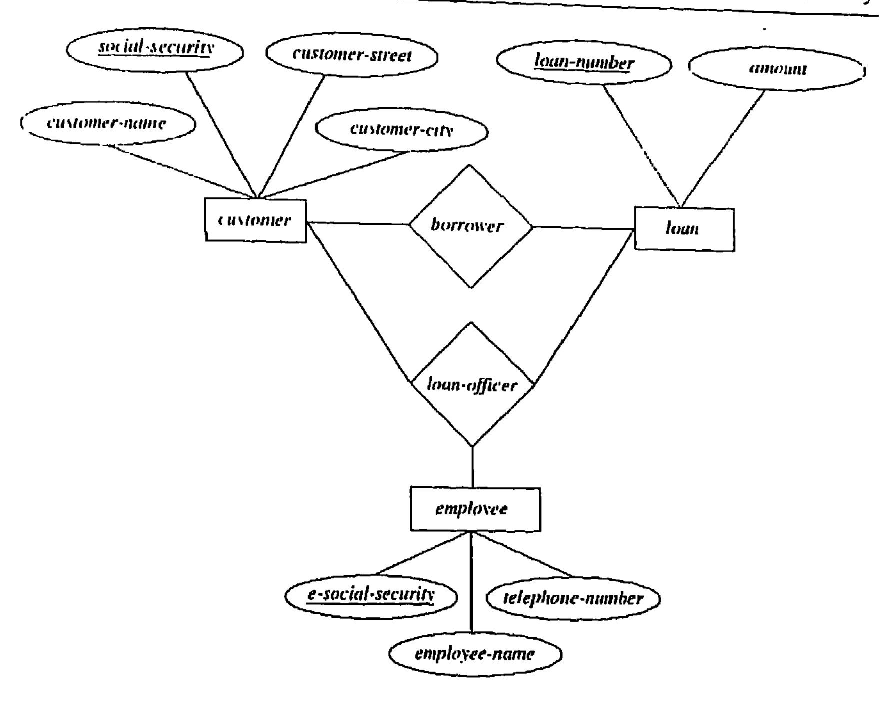
7-3 التجميع Aggregation

هو اعتبار مخطط جزئي من المخطط E-R صف كيانات يمكن استخدامه في ارتباطات أخرى، وهذا ما يسمح لنا بمعالجة صف الكيانات المجمع كوحدة مستقلة، دون النظر إلى تفاصيل بنيتها الداخلية.

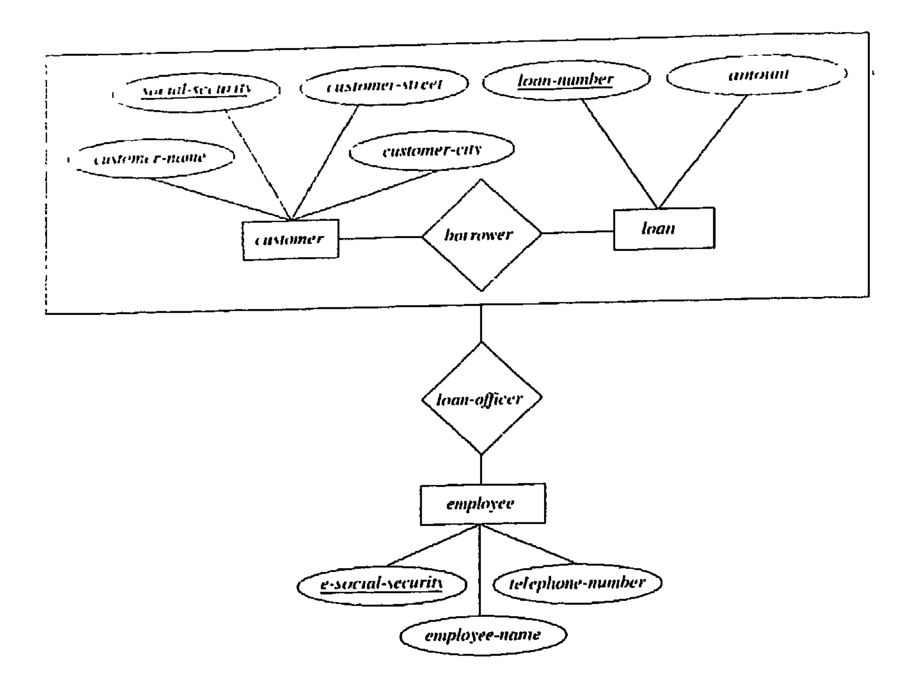
مثال : لنأخذ قاعدة المعطيات التي تحوي معلومات عن الزبائن المتعاملين مع المصرف وقروضهم، ولنفترض أنه من الممكن وجود موظف في المصرف مسؤول عن زوج المعلومات (زبون، قرض).

أفضل طريقة لتمثيل المعلومات السابقة هي باستخدام التجميع للعلاقة "يقترض" بين صفي الكيانات (زبون، قرض) في صف للكيانات لنسمه "اقتراض".

يبين الشكل التالي المخطط E-R قبل وبعد استخدام فكرة التجميع.



الشكل (7) : مخطط قاعدة المعطيات قبل استخدام فكرة التجميع



الشكل (8) : مخطط قاعدة المعطيات بعد استخدام فكرة التجميع

8- مراحل التصميم في نموذج كيانات-ارتباطات

إن نموذج المعطيات العالي المستوى يخدم مصمم قاعدة المعطيات بتقديم العمل التصميمي الواجب تحديده، و- في الأحوال العادية- متطلبات مستخدمي قاعدة المعطيات، والبنية الواجب توفرها في قاعدة المعطيات لتحقيق هذه المتطلبات. ومن ثم المرحلة الأولى في تصميم قاعدة المعطيات هي تحديد المعطيات التي يحتاج إليها المستخدمون المستقبلون لقاعدة المعطيات. خرج هذه المرحلة هو تحديد متطلبات المستخدم.

المرحلة الثانية : يقوم المصمم باختيار نموذج المعطيات وتطبيقه لترجمة هذه المتطلبات إلى المخطط التصميمي لقاعدة المعطيات . المخطط الناتج يعطي منظرا مفصلا للمؤسسة. ولأننا درسنا فقط النموذج كيان– ارتباط فإننا سوف نستخدمه لتطوير المخطط التصميمي. وضمن هذا المخطط سوف يجري تحديد جميع الكيانات والارتباطات والواصفات وخريطة الشروط. وسوف يقوم المصمم بمراجعة المخطط ليتوثق من تحقيقه لجميع المتطلبات ومن عدم وجود أي تعارض فيما بينها، ويقوم بحذف التكرار إن وجد.

سوف يشير المخطط التصميمي الكامل إلى المتطلبات الوظيفية للمؤسسة. يقوم المستخدم في هذه المرحلة (وصف المتطلبات الوظيفية) بوصف أنواع العمليات (أو التحويلات) التي سوف تجرى على المعطيات. مثال : حذف، إضافة، تعديل ، أو بحث للمعطيات.

إن عملية الانتقال من نموذج المعطيات المجرد إلى تنفيذ قاعدة المعطيات تنفذ بمرحلتي تصميم نهائيتين. في مرحلة التصميم المنطقي يجري نقل المخطط التصميمي العالي المستوى إلى نموذج المعطيات المنفذ لنظام إدارة قاعدة المعطيات المستخدمة. يستخدم مخطط قاعدة المعطيات الناتج في مرحلة التصميم الفيزيائي حيث يجري تحديد الميزات الفيزيائية لقاعدة المعطيات.

9- تحويل مخطط E-R إلى جداول

يمكن تمثيل قاعدة معطيات موافقة لمخطط كيان –ارتباط بمجوعة جداول. فيوجد لكل صف كيانات ولكل صف ارتباطات جدول وحيد له نفس الاسم . يتألف كل جدول من مجموعة من الأعمدة لكل منها اسم وحيد (بعدد الواصفات).

إن كلا من النموذجين كيان–ارتباط والنموذج العلاقاتي لقاعدة المعطيات هما مفهومان مجردان، يمثلان المخطط المنطقي للمؤسسة. ولما كان النموذجين يستخدمان مفاهيم

التصميم نفسها، فإننا نستطيع التحويل من التصميم كيان-ارتباط إلى التصميم العلاقاتي لقاعدة المعطيات.

9-1- تمثيل صفوف الكيانات كجدول

يجري تمثيل صف الكيانات القوي بجدول أعمدته هي نفس الواصفات الواصفة لصف الكيانات.

مثال :

customer-name	*social-security*	*c-street*	*c-city*
Jones	321-12-3123	Main	Harrison
Smith	019-28-3746	North	Rye
Hayes	677-89-9011	Main	Harrison

The *customer* table

أما صف الكيانات الضعيف فيجري تمثيله بواسطة جدول أعمدته تحوي الواصفات الواصفة للصف والأعمدة المكونة للمفتاح الأولي لصف الكيانات القوي المرتبط به.

مثال :

loan-number	*payment-number*	*payment-date*	*payment-amount*
L-17	5	10 May 1996	50
L-23	11	17 May 1996	75
L-15	22	23 May 1996	300

The *payment* table

9-2- تمثيل صفوف الارتباطات كجدول

يجري تمثيل صف الارتباط بين صفي كيانات كجدول أعمدته مؤلفة من مجموعة الأعمدة المكونة للمفتاحين الأولين لصفي الكيانات المعنيين بالارتباط، ومجموعة أعمدة الواصفات الواصفة للعلاقة.

مثال :

social-security	*account-number*	*access-date*
...	...	...

The *depositor* table

9-3- الجداول المكررة

إن الجدول الناتج من علاقة الارتباط بين صف كيانات ضعيف وصف كيانات قوي هو مكرر، لأن المعلومات التي يحويها موجودة في الجدول الناتج من صف الكيانات الضعيف.

9-4- تمثيل التعميم كجداول

يوجد طريقتان للانتقال من مخطط E-R يحوي علاقة تعميم إلى جداول :

الطريقة 1 : توليد جدول لصف كيانات المستوى الأعلى، وتوليد جدول لكل صف كيانات من المستوى الأدنى يحوي أعمدة لكل واصفة من واصفات هذا الصف، إضافة إلى عمود لكل واصفة من واصفات المفتاح الأولي لصف كيانات المستوى الأعلى.

مثال

table	table attributes
account	*account-number, balance, account-type*
savings-account	*account-number, interest-rate*
checking-account	*account-number, overdraft-amount*

الطريقة 2 : إذا كانت علاقة التعميم منفصلة وتامة (لا يوجد كيان عضو في أحد صفوف الكيانات الدنيا مباشرة دون أن ينتمي إلى صف كيانات العليا، وكل كيان من المستوى الأعلى ينتمي إلى أحد صفوف كيانات المستوى الأدنى) عندئذ لا يوجد جدول لتمثيل صف كيانات المستوى الأعلى ويستعاض عنه بجدول لكل صف كيانات من المستوى الأدنى حاويا أعمدة لكل واصفة من واصفات صف الكيانات المعني وأعمدة لكل واصفة من واصفات صف كيانات المستوى الأعلى.

مثال :

table	table attributes
savings-account	*account-number, balance, interest-rate*
checking-account	*account-number, balance, overdraft-amount*

تمثيل علاقة ارتباط التجميع :

customer

customer-name	*cust-social-security*	*customer-street*	*customer-city*

loan

loan-number	*amount*

borrower

cust-social-security	*loan-number*

employee

emp-social-security	*employee-name*	*phone-number*

loan-officer

emp-social-security	*cust-social-security*	*loan-number*

تمارين الفصل الثاني

1- اشرح الفرق بين المفاهيم التالية : مفتاح أولي، مفتاح رئيسي، مفتاح مرشح

2- تتعامل مديرية التسجيل والامتحانات في كلية المعلوماتية مع معطيات حول الصفوف، والدوام، والمدرسين، وأوقات وأمكنة إعطاء الدروس. كما تحتفظ المديرية بالعلامة التي يحصل عليها الطالب في كل مادة وتقدير الطالب في كل سنة دراسية.
المطلوب إعطاء المخطط كيان-ارتباط لهذه القاعدة.

3- لدى شركة تأمين مجموعة من الزبائن، يمتلك كل منهم سيارة أو أكثر. وتهتم شركة التأمين بحوادث السير التي تصيب كل سيارة من السيارات التي جرى التأمين عليها.
المطلوب إعطاء المخطط كيان-ارتباط لهذه القاعدة.

4- لدى مشفى الأسد الجامعي عدد من المرضى، ويعمل فيه عدد من الأطباء. يتألف المشفى من عدد من الأقسام التخصصية، ويجري قبول المرضى كل في القسم المتخصص في حالة هذا المريض. وهناك أيضا أقسام مشتركة تقدم الخدمات لكافة الأقسام مثل مخبر التحاليل الطبية، وقسم التصوير الشعاعي، والصيدلية. يخضع المريض خلال إقامته في المشفى لعدد من الفحوصات، وقد تجرى له عملية جراحية أو أكثر. لكل مريض من المرضى المقيمين في قسم معين طبيب مسؤول عن متابعته. ويكون هذا الطبيب واحدا من الأطباء العاملين في القسم.

المطلوب :

أ. إعطاء المخطط كيان-ارتباط لهذه القاعدة

ب. ماذا يحصل لدى انتقال المريض من قسم إلى آخر، وكيف يمكن تمثيل ذلك في قاعدة المعطيات ؟

ت. كيف يمكن استرجاع السجل الطبي للمريض إذا راجع المشفى بعد مدة من خروجه من المشفى ؟

5- لدينا قاعدة معطيات خاصة ببرنامج الامتحان الأخير للجامعة، يمكن نمذجة هذه القاعدة كصف كيانات وحيد exam مع الواصفات course-name,section-number, room-number, time. كما يمكن بالمقابل أن نعرف مجموعة من صفوف كيانات مرتبطة بروابط للاستعاضة عن بعض الواصفات في صف الكيانات exam بالشكل :

course مع الواصفات name, departement, c-number .

Section مع الواصفات s-number, enrollment ومرتبطة كصف كيانات ضعيف مع course.

Room مع الواصفات r-number, capacity, building

والمطلوب :

أ. إعطاء مخطط E-R الذي يبين استخدام صفوف الكيانات الثلاثة المذكورة أعلاه.

ب. شرح كيف تحدد خواص التطبيق القرار في استخدام أحد صفوف الكيانات الإضافية في مخطط القاعدة.

6- المطلوب إعطاء تصميم لهرمية تعميم/تخصيص خاصة بشركة تبيع السيارات والدرجات النارية. تبيع الشركة الدراجات النارية، وسيارات النقل، والباصات، والشاحنات. مع تبرير وضع الواصفات كل مستوى من الهرمية. وشرح عدم إمكانية نقلها من مستوى إلى مستوى آخر.

7- المطلوب إنشاء المخطط التصميمي لشركة توزيع أدوية. تشتري هذه الشركة الأدوية من مصانع الأدوية وتخزها في مستودعات موزعة في مراكز التوزيع الأساسية (في المحافظات)، ومن ثم توزعها إلى المتعاملين (صيادلة، مشافي). لكل دواء تتعامل به الشركة رقم مميز واسم تجاري واسم علمي (التركيب الكيميائي) وتاريخ انتهاء الصلاحية. تشتري الشركة الأدوية على شكل دفعات . تضم الدفعة عدة أدوية موردة من معمل معين وتنتهي صلاحية الأدوية التي لها نفس الاسم التجاري في الدفعة الواحدة بنفس التاريخ (Lots). تصدر الشركة طلبات شراء للمعامل لتورد الأدوية وتسدد قيم الأدوية بموجب فواتير (لكل فاتورة رقم ومجموعة أقلام و قيمة إجمالية). كما تتلقى الشركة طلبات شراء من المتعاملين وتقبض ثمن الأدوية المباعة بموجب فواتير.

8- المطلوب إنشاء المخطط التصميمي لشركة تصنيع أجهزة الكترونية. تقوم الشركة بتصنيع الأجهزة على مرحلتين :

- تصنيع مكونات الأجهزة : البطاقات الألكترونية، جسم الجهاز، ... (منتجات شبه جاهزة). تصنع هذه المكونات من مواد أولية تشتريها من موردين.
- تجميع المكونات

تشتري هذه الشركة المواد الأولية من الموردين بموجب عقود. يتم توقيع العقد مع المورد لتوريد مجموعة من المواد الأولية، ويكلف أحد العاملين في قسم العقود بمتابعة العقد. يمكن توقيع أكثر من عقد مع مورد واحد. وتبيع الشركة منتجاتها إلى موزعين يشترون المنتجات الجاهزة فقط.

الفصل الثالث
النموذج العلاقاتي

مقدمة

لقد فرض النموذج العلاقاتي نفسه كأول نموذج للمعطيات لتطبيقات معالجة المعطيات الواسعة الانتشار. ففي قواعد المعطيات الأولى جرى اعتماد النموذج الهرمي أو الشبكي، لكن هذين النموذجين كانا شديدي الارتباط بطريقة التحقيق الفعلي للنظام، وهذا ما جعلهما أصعب استخداماً من النموذج العلاقاتي.

وبسبب لوجود نظرية رياضية متكاملة تدعم النموذج العلاقاتي، فإن ذلك يسهل تصميم قواعد المعطيات العلاقاتية ويتيح المعالجة الفعالة لطلبات المستخدمين.

1- بنية قواعد المعطيات العلاقاتية

تتألف قاعدة المعطيات من مجموعة من الجداول لكل منها اسم وحيد مميز. يتألف كل جدول بدوره من مجموعة من الأعمدة وعدد من الأسطر. يمثل كل سطر من الجدول علاقة تربط مجموعة من القيم. لما كان الجدول يتألف من مجموعة من هذه الارتباطات، فهناك تشابه شديد بين مفهوم الجدول ومفهوم العلاقة الرياضية، ومن هنا أخذ النموذج العلاقاتي اسمه.

1-1- البنى الأساسية

انظر الشكل 1 الذي يبين جدول الحسابات account. يحوي هذا الجدول ثلاثة أعمدة هي :

- اسم الفرع branch_name
- رقم الحساب account_number
- الرصيد balance

وفق مصطلحات النموذج العلاقاتي تسمى عناوين الأعمدة واصفات attributes. لكل واصف مجموعة من القيم تسمى مجال Domain الواصف.فمثلاً مجال الواصف "اسم الفرع" هو مجموعة كل أسماء الفروع، ولنرمز إلى هذه المجموعة بـD1. ولنرمز بـ D2 إلى مجال الواصف account_number و بـ D3 إلى مجال الواصف balance.

إن كل سطر من الجدول account يتألف من ثلاثية (v1, v2, v3) حيث v1 هو اسم الفرع وينتمي إلى المجال D1، وv2 هو رقم الحساب وينتمي إلى المجال D2، وv3 هو الرصيد وينتمي إلى المجال D3.

balance	account_number	branch name
500	A-101	Downtown
700	A-215	Mianus

الشكل 1 : **العلاقة** account

في الحالة العامة سوف يحوي الجدول account مجموعة جزئية من الجداء

D1 X D2 X D3

وعموماً فإن جدولاً يحوي n واصفاً يجب أن يكون مجموعة جزئية من الجداء

D1 X D2 X ... X Dn

يعرف الرياضيون العلاقة بأنــها مجموعـة جزئيـة مـن الجـداء الديكـارتي لمجموعـة مـن المجالات. يتوافق هذا التعريف غالباً مع تعريفنا للجدول. الفرق هـو فقـط في أننـا نعطـي أسماء للواصفات، علـى حـين يربـط الريـاضيون أرقامـاً بالأسمـاء. فيسـتخدمون الرقـم 1 للواصف الذي يظهر مجاله أولاً، والرقم 2 للواصف الذي يظهر مجاله ثانيـاً،... وهكـذا. وكما أن الجداول تُعبر عن العلاقات فإننا سوف نستخدم المصطلحات الرياضية (علاقة ، حدودية) بدلاً من المصطلحات (جدول، سطر).

يوجد في العلاقة "account" التي تظهر في الشـكل (1) سبع حدوديـات، ولنفـترض أن المتحـول t مـن نـوع حدوديـة يشـير إلى أول حدوديـة في العلاقـة. نسـتخدم المصطلـح t[branch-namc] للدلالة على قيمة المتحول t في الواصف branch-name. وهكــذا فـإن t[branch-nam] = " Downtown" and t[balance]= 500 وبالمقـابل يمكننـا كتابـة t[1] للدلالة على قيمــة الحدوديـة t عنـد أول واصـف branch_name. وكمـا أن العلاقـة هـي مجموعة من الحدوديات، فإننا سنستخدم المصطلح الريـاضي $t \in r$ لنقــــــــول إن الحدودية t هي ضمن العلاقة r.

ملاحظات :

- في جميع العلاقات سنعتبر أن مجالات الواصفات المتعلقة بالعلاقــة هـي وحدويـة atomic. نقول عن مجال إنه وحدوي إذا كانت عناصره وحدات غير قابلة للتجزئة.

مثال :

– مجموعة الأعداد هي مجال وحـدوي (إلا في حالـة اعتبـار العـدد سلسـلةً مـن الأرقام)

– مجموعة مجموعات الأعداد هي مجال غير وحدوي.

- بإمكان عدة واصفات أن تأخذ قيمها من نفس المجال. مثـال : مجموعـة أسمـاء الأشخاص التي هي مجال للواصفتين customer_name و employee_name.

- يوجد قيمة مشتركة في جميع المجالات وهي قيمة null التي تدل على أن القيمة غير معروفة أو ليست موجودة للواصف.

1-2- مخطط قاعدة المعطيات

يجب علينا التمييز بين مخطط قاعدة المعطيات database schema أو التصميم المنطقي لقاعدة المعطيات و حالة قاعدة المعطيات database instance التي هي صورة لمعطيات قاعدة المعطيات في لحظة محددة.

يشابه مفهوم العلاقة مفهوم التحولات في لغات البرمجة، على حين يشابه مفهوم مخطط العلاقة مفهوم تعريف الأنماط في لغات البرمجة.

ملاحظات :

- الاسم المعطى لمخطط العلاقة يبدأ بحرف كبير والاسم المعطى للعلاقة هو بأحرف صغيرة.

مثال : نستخدم Account-schema للدلالة على مخطط العلاقة للعلاقة account ونكتب :

Account-schema = (branch-name, account-number, balance)

وندل على أن account هي علاقة على Account-schema بـ

account(Account-schema)

- وبوجهٍ عام نقول إن مخطط العلاقة يحوي قائمة من الواصفات ومجالاتها المعتبرة.
- يُعبر مفهوم حالة علاقة relation instance عن مفهوم قيمة التحول في لغات البرمجة. وغالباً ما نستخدم كلمة "علاقة" ونعني بها "حالة العلاقة" relation instance.

1-3- المفاتيح

إن مفاهيم المفتاح الرئيسي، والمفتاح المرشح والمفتاح الأولي التي ناقشناها سابقاً مطبقة في النموذج العلاقاتي.

لتكن R مخطط علاقة. إذا قلنا إن K، وهي مجموعة جزئية من R، هي مفتاح رئيسي لـ R نكون قد اعتبرنا أنه في جميع العلاقات r(R) لا توجد حدوديتان لهما نفس القيم لجميع الواصفات الموجودة في K. أي إذا كان t1 و t2 من r و t2 <> t1 فإن t1[K] <> t2[K].

إذا كان مخطط قاعدة المعطيات العلاقاتي معتمداً على الجداول المشتقة من مخطط كيان–ارتباط فإنه بالإمكان تحديد المفتاح الأولي للمخطط العلاقاتي من المفاتيح الأولية للكيانات وصف الارتباطات التي اشتق منها هذا المخطط كما يلي :

صف الكيانات القوي : المفتاح الأولي للصف هو المفتاح الأولي للعلاقة.

صف الكيانات الضعيف : المفتاح الأولي للعلاقة الناتجة يتألف من اجتماع المفتاح الأولي لصف الكيانات القوي المرتبط به، والمميز لصف الكيانات الضعيف.

صف الارتباطات : إذا كانت العلاقة كثير–كثير فإن المفتاح الأولي لها هو اجتماع المفتاحين الأولين لصفي الكيانات المرتبطة بهذه العلاقة. وإذا كانت العلاقة من نوع كثير–واحد من B <-A فإن المفتاح الأولي للعلاقة يتكون من المفتاح الأولي لصف الكيانات الكثير A .

1-4- لغات الاستعلام

لغة الاستعلام هي اللغة التي يطلب بواسطتها المستخدم معلومات من قاعدة المعطيات. وهي عادة من مستوى أعلى من لغات البرمجة القياسية.

يمكن تصنيف هذه اللغات في نوعين : لغات إجرائية ولغات غير إجرائية.

اللغات الإجرائية : يقوم فيها المستثمر بتحديد مجموعة من العمليات التي يجريها النظام على قاعدة المعطيات للوصول إلى المعطيات المرغوبة.

اللغات غير الإجرائية : يصف فيها المستثمر المعلومات المرغوبة دون إعطاء الإجراء المحدد للحصول عليها.

تقدم معظم نظم قواعد المعطيات التجارية كلتا اللغتين. سنقوم بدراسة بعض هذه اللغات.

2- الجبر العلاقاتي

الجبر العلاقاتي هو لغة استعلام إجرائية. يتألف من مجموعة من العمليات التي تأخذ علاقة أو اثنتين كدخل، وتعطي علاقة جديدة كخرج. العمليات الأساسية في الجبر العلاقاتي هي :

- الاختيار Select
- الإسقاط Project
- الاجتماع Union
- الفرق Difference
- الجداء الديكارتي Cartesian product
- إعادة التسمية Rename

إضافةً إلى العمليات المعرفة ابتداءً من العمليات الأساسية :

- التقاطع Intersection
- الدمج الطبيعي Natural Join
- القسمة Division
- النسب Assignment

سوف نعرض فيما يلي العمليات الأساسية والإضافية في الجبر العلاقاتي موضحين طريقـة عملها بأمثلة على قاعدة المعطيات المتعلقة بالمصارف والمعرفة بالمخطط العلاقاتي التالي :

Loan-schema (loan-number, amount, branch-name)

Customer-schema(customer-name, customer-street, customer-city)

Borrower-schema(customer-name, loan-number)

Employee-schema(employee-name, phone-number)

Loan-officer-schema(banker-name, customer-name, loan-number)

Depositor-schema (customer-name, account-number)

Account-schema(account-number, balance)

Branch-schema(branch-name, branch-city, assets)

2-1- العمليات الأساسية

تسمى العمليات (اختيار، إسقاط، إعادة التسـمية) عمليـات أحاديـة لأنـها تجـرى علـى علاقة واحدة. العمليات الثلاث الباقية هي ثنائية لأنها تجرى على زوج من العلاقات.

- عملية الاختيار

تقوم باختيار مجموعة من الحدوديات الـتي تحقـق شـرطا معينـا مـن علاقـة. سنرمز إلى العملية كما يلي :

$$\sigma_{condition}(relation)$$

حيث condition هو شرط يجب أن تحققه الحدوديات المختارة.

مثال : لنأخذ مخطط العلاقة التالية

Loan-schema (branch-name, loan-number, amount)

لاختيار مجموعة الحدوديات القروض للفرع "perryridge" = branch-name نكتب العبارة التالية :

$$\sigma_{branch-name == "perryridge"}(loan)$$

يمكن أن يحوي الشرط المطبق في عملية الاختيار عمليات مقارنة : =، <>، <، >، <=، >= ومعاملات منطقية and, or, not ويمكن أن تطبق هذه المعاملات بين قيم الواصفات المكونة للعلاقة.

مثال : لاختيار القروض التي منحها الفرع "perryridge" = branch-name و التي لا تقل عن 1200 نكتب :

$$\sigma_{branch-name = "perryridge" \wedge amount \not< 1200}(loan)$$

لاختيار مجموعة الزبائن الذين يحملون نفس اسم المسؤول عن القرض الذي اقترضوه من علاقة loan-officer ذات المخطط التالي

Loan-officer = (customer-name, banker-name, loan-number)

نكتب :

$$\sigma_{customer-name, = banker-name}(loan - officer)$$

♦ عملية الإسقاط projection

وهي عملية وحيدة العامل تسمح بانتقاء بعض الواصفات من العلاقة. نرمز إلى هذه العملية بالشكل :

$$\prod_{selected \quad attributes}(relation)$$

مثال : لنفترض أننا نريد الحصول على أرقام القروض ومبالغها دون أن نهتم بالأسماء الأفرع.

يكتب الاستعلام السابق بالشكل :

$$\prod_{loan-number, amount}(loan)$$

وبفرض أن علاقة القروض loan ممثلة بالجدول التالي :

loan-number	branch-name	amount

تكون العلاقة الناتجة من عملية الإسقاط من الشكل :

loan-number	amount

♦ تركيب العمليات العلاقاتية

إن نتيجة العمليات العلاقاتية هي علاقة. هذا ما يسمح لهذه العمليات أن تجتمع لتؤلف عبارات الجبر العلاقاتي.

مثال : لإيجاد أسماء الزبائن الذين يعيشون في مدينة "Harrison".

نكتب :

$$\prod_{customer-namet}\left(\sigma_{customer-city="Harrison"}(customer)\right)$$

ونقصد بها تركيب عمليتين : اختيار الحدوديات التي تحقق الشرط (مدينة = "Harrison") وإسقاط العلاقة الناتجة من العملية السابقة على العمود customer-name .

♦ عملية الاجتماع Union Operation

نرمز إلى العملية بـ U وتُجرى هذه العملية بين علاقتين متجانستين فنقول إنه يمكننا القيام بالعملية r U s إذا تحقق الشرطان التاليان :

- عدد الواصفات في العلاقتين r و s هو نفسه،
- مجال الواصفة رقم i في r هو نفسه مجال الواصفة رقم i في s.

ويمكن بالطبع أن تكون العلاقتان r , s ناتجتين عن تعبير في جبر علاقاتي.

مثال : للحصول على جميع الزبائن الذين يتعاملون مع المصرف (الذين لديهم حساب أو اقترضوا قرضاً أو للحصول على كلا الفريقين).

نحتاج إلى إيجاد مجموعة الزبائن الذين لديهم حساب في المصرف، وهي معلومات موجودة في علاقة depositor ، وإلى إيجاد مجموعة الزبائن الذين اقترضوا من المصرف، وهي معلومات موجودة في علاقة borrower ثمّ إلى إجراء عملية الاجتماع بين المجموعتين.

ومن ثم يكون التعبير الناتج هو :

$$\prod_{customer-name}(depositor)\cup\prod_{custome-name}(borrower)$$

♦ عملية الفرق Difference Operation

نرمز إلى هذه العملية بـ" -" وتسمح بإيجاد الحدوديات التي تنتمي إلى علاقة الحد الأول ولا تنتمي إلى علاقة الحد الثاني.

لإيجاد مجموعة الزبائن الذين لديهم حساب مصرفي ولم يقترضوا من المصرف نكتب :

$$\prod_{customer-name}(depositor)-\prod_{custome-name}(borrower)$$

وكما ذكرنا في عملية الاجتماع لكي تجري عملية الفرق بين علاقتين يجب أن يتحقق الشرطان المذكوران في الفقرة السابقة.

♦ عملية الجداء الديكارتي Cartesian Product

نرمز إلى هذه العملية بـ X وتسمح بتجميع معلومات من علاقتين ونكتب r1 X r2 وبوجه عام نقول :

إذا كان لدينا العلاقتان r1(R1), r2 (R2) فإن r1 X r2 هي علاقة R مخططها العلاقاتي هو تلاصق R1 و R2 وتحوي جميع الحدوديات t التي تحقق الشرط التالي :

يوجد t1 من r1 و t2 من r2 بحيث

$$t[R1] = t1[R1] \ \wedge\ t[R2] = t2[R2]$$

مثال :

- ليكن لدينا R1 و R2 بحيث R= R1 X R2

R

A	B	C	D
a1	b1	c1	d1
a1	b1	c2	d2
a2	b2	c1	d1
a2	b2	c2	d2

R1

A	B
a1	b1
a2	b2

R2

C	D
c1	d1
c2	d2

- إذا أردنا الحصول على جميع الزبائن الذين اقترضوا من المصرف الفرع "perryridge".

للحصول على هذه المعلومات نحتاج إلى المعلومات الموجودة في كلتا العلاقتين loan و borrower وتعطي عملية اختيار الحدوديات، المتعلقة بالفرع المطلوب من جداء العلاقتين، معلومات عن الزبائن والقروض المأخوذة من الفرع المطلوب، ولكن ليست المعلومات المطلوبة ، وللحصول على المعلومات المطلوبة نكتب :

$$\Pi_{customer-name}\left(\sigma_{borrower-loan-number=loan-number"}\left(\sigma_{branch-name="perryridge"r}(borrower \times loan)\right)\right)$$

- ♦ إعادة التسمية Rename

من المفيد إعطاء أسماء للعلاقات الناتجة عن تعبير جبر علاقاتي. نرمز إلى العملية بالرمز :

$$\rho_x(E)$$

التي تعني أن نتيجة التعبير E توضع في العلاقة x.

لنبين استخدام هذه العملية بالمثال التالي :لإيجاد الرصيد الأعلى في المصرف، نستخدم الاستراتيجية التالية :

- إيجاد مجموعة الأرصدة غير العظمى للحسابات في المصرف،
- طرح المجموعة الناتجة من مجموعة الأرصدة في المصرف فنحصل علي الرصيد الأعظم المطلوب .

مجموعة الأرصدة الموجودة في المصرف هي :

$$\Pi_{balance}(account)$$

مجموعة الأرصدة غير العظمى هي :

$$\Pi_{account-balance}\left(\sigma_{account-balance<d\ balance}\left(accountX\ \rho_{d}(account)\right)\right)$$

والنتيجة هي :

$$\Pi_{balance}(account)-\Pi_{account-balance}\left(\sigma_{account-balance<d\ balance}\left(accountX\ \rho_{d}(account)\right)\right)$$

2-2- العمليات الإضافية

تسمح العمليات التي رأيناها حتى الآن بإعطاء تعريف كامل لأي تعبير في الجبر العلاقاتي. ولكن إذا قصرنا أنفسنا على هذه العمليات فالتعبير عن بعض الاستعلامات سيكون طويلاً نسبياً. ولذلك جرى تعريف بعض العمليات الإضافية التي لا تؤثر في قوة الجبر العلاقاتي، ولكنها تبسط التعابير المثلة للاستعلامات.

♦ عملية التقاطع

تُجرى هذه العملية بين علاقتين ويجب أن تحقق هاتان العلاقتان الشروط المذكورة في عملية الاجتماع. ونتيجة عملية التقاطع هي علاقة تحوي مجموعة الحدوديات الموجودة ضمن العلاقتين. التعبير الموافق لهذه العملية هو :

$$R \cap S = R - (R - S)$$

♦ عملية الدمج الطبيعي Natural join operation

غالباً ما نرغب في تبسيط بعض الاستعلامات التي تحتاج إلى جداء ديكارتي، ومعظم عمليات الاستعلام التي تحوي جداءاً ديكارتياً تحوي عملية اختيار من نتيجة الجداء. فعملية الدمج هي عملية ثنائية تسمح بتركيب عملية الاختيار والجداء الديكارتي بعملية واحدة.

لنأخذ كتعريف لهذه العملية العلاقتين r(R) و s (S) ونقول إن دمج العلاقتين هي علاقة مخططها هو اجتماع مخططي العلاقتين ومعرفة بالشكل :

$$r \bowtie s = \prod_{R \cup S}\left(\sigma_{rA1=sA1 \wedge rA2=sA2 \wedge \ldots rAn=sAn}(r \times s)\right)$$

حيث

$$R \cap S = \{A1, A2, \ldots, An\}$$

مثال :

لإيجاد أسماء جميع الأفرع التي لزبائنها حساب في المصرف وتعيش في مدينة "Harrison" نكتب.

$$\prod_{branch-name}\left(\sigma_{customer-city="Harrison"}(customer \bowtie account \bowtie depositor)\right)$$

حالات خاصة :

- إذا كان

$$R \cap S = \Phi \Rightarrow r >< s = r \times s$$

وكانت θ هناك قضية على الواصفات في مخطط العلاقة الناتجة عن الدمج نكتب :

$$r >_{\Theta}< s = \sigma_{\Theta}(r \times s)$$

◆ عملية القسمة

هذه العملية مناسبة للاستعلامات التي تحوي كلمة "لأجل كل". فلإيجاد مجموعة الزبائن الذين لهم حسابات مصرفية في جميع الأفرع الموجودة في مدينة "brooklyn" نقوم بما يلي :

نستخرج مجموعة الفروع الموجودة في مدينة "brooklyn" بكتابة التعبير التالي :

$$r1 = \prod_{branch-name}\left(\sigma_{branch-city="brrolyn"}(branch)\right)$$

ثمّ نستخرج مجموعة الزبائن والفروع الذين لديهم حسابات فيها بكتابة التعبير :

$$r2 = \prod_{customer-name, branch-name}(depositor >< account)$$

ونحصل على النتيجة المطلوبة بكتابة :

$$r2 \div r1$$

وكتعريف لعملية القسمة :

ليكن لدينا r(R) و s (S) علاقتان بحيث إن المخطط العلاقاتي لـ S هو جزء من المخطط العلاقاتي لـ R. فالعلاقة الناتجة عن خارج قسمة r على s هي علاقة لها المخطط العلاقاتي R-S وحدودياتها t تحقق الشرطين التاليين:

- t هي من العلاقة

$$\Pi_{R-S}(r)$$

- في حالة جميع حدوديات ts من s يوجد حدودية tr من r بحيث :

tr [S] = ts [S]
tr [R-S] = t

- عملية الإسناد

تعمل هذه العملية بكيفية مشابهة لعملية الإسناد في لغات البرمجة، وتعتبر طريقة مناسبة للتعبير عن استعلامات معقدة.

يرمز إلى العملية بـ " ← "

3- لغة القضايا The tuple Relational Calculus

هي لغة استعلام غير إجرائية تسمح بوصف المعلومات المرغوب الحصول عليها دون تبيان الإجراء اللازم لذلك. الاستعلام بهذه اللغة له الشكل التالي { t | p(t) } الذي يعني : المطلوب الحصول على جميع الحدوديات t التي تحقق القضية p .

يستخدم في هذه اللغة الرموز التالية :

t[A] للدلالة على قيمة الحدودية t في الواصفة A.

t ∈ r للدلالة على أن الحدودية t هي في العلاقة r. t متحول حدودي

∃ يوجد

∀ مهما يكن

المتحول الحدودي هو متحول حر ماعدا المتحول المسبوق بمعامل "يوجد" أو "مهما يكن".

والقضية P مبنية على تركيب من عناصر لها أحد الأشكال التالية :

- s ∈ r حيث s متحول حدودي و r علاقة.
- s[x] o u[y] حيث s,u متحولات حدودية، x واصفة في s و y واصفة في u و o عملية مقارنة ويجب أن يكون مجالا الواصفتين x,y متساويين.
- s[x] o c حيث c ثابت في مجال تعريف الواصفة x.

ويجري بناء القضايا باستخدام القواعد التالية :

- أي عنصر معرف بأحد الأشكال السابقة هو قضية .
- p قضية ⇐ (p) و ¬p هما قضيتان
- P1, P2 قضيتان ⇐ P1∧P2, P1∨P2, P1⇒ P2 جميعها قضايا
- إذا كان P1(s) قضيــة حيـث s متحـول حـر و r علاقـة فـإن :∃s ∈r(P1(s) و ∀s∈r(P1(s) قضايا

أمثلة :

- المطلوب إيجاد أسماء الفروع مع القروض الموجودة فيها والتي تزيد عن 1200 ؟

الصياغة بلغة القضايا هي بالشكل :

$$\{t \mid t \in loan \wedge t[amount] > 1200\}$$

- ولإيجاد جميع الزبائن المتعاملين مع المصرف (قرض أو حساب) نكتب :

$\{t|\ \exists s \in borrower(t[customer\text{-}name]=s[customer\text{-}name])$
$\vee \exists u \in depositor(t[customer\text{-}name]=s[customer\text{-}name])\}$

4- العمليات الموسعة للجبر العلاقاتي

جرى توسيع عمليات الجبر العلاقاتي بعدة طرق. فأجري توسيع بسيط بجعل العمليات الحسابية جزء من عملية الإسقاط، وتوسيع بالسماح بالقيام بعمليات التجميع مثل : حساب مجموع عناصر مجموعة Sum أو المتوسط الحسابي لعناصر مجموعة Average، وتوسيع بإضافة عملية الدمج الخارجي outer join التي تسمح بالتعامل مع قيم غير المحددة null والتي تُنمذج المعلومات الناقصة.

4-1- الإسقاط المعمم

عملية الإسقاط المعمم هي عملية الإسقاط مع استخدام التوابع الرياضية في قائمة الإسقاط. يُعبر عن هذه العملية بالشكل :

$$\prod_{F1,F2,F3,...Fn}(E)$$

حيث : E تعبير بالجبر العلاقاتي،

F1, F2,..., Fn تعابير حسابية بين واصفات وثوابت في المخطط العلاقاتي لـــ E.

وكحالة خاصة يمكن أن يكون التعبير الرياضي شكلاً بسيطاً واصفة أو ثابت.

مثال :

لنأخذ العلاقة credit-info التي مخططها العلاقاتي هو :

Credit-info-schema = (customer-name, limit, credit-balance)

والمطلوب حساب الكمية المتبقية لكل زبون ؟

نكتب التعبير التالي :

$$\prod_{customer-name,\lim it-credit-balance}(credit-\inf o)$$

4-2- الدمج الخارجي

لنأخذ العلاقات ذات المخططات العلاقاتية التالية :

Employee (employee-name, street, city)
Ft-works (employee-name, branch-name, salary)

ولنفترض أننا نريد توليد علاقة واحدة تحوي جميع المعلومات حول الموظفين ؟

بالإمكان استخدام عملية الدمج الطبيعي :

employee

employee -name	street	city
A	S1	C1
B	S2	C1
C	S4	C2
D	S5	C3

ft-works

employee -name	branch -name	salary
A	Br1	500
B	Br2	700
D	Br1	1220
F	Br3	2000

تعطي عملية الدمج الطبيعي النتيجة التالية :

employee $\bowtie$ ft-works

employee -name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
D	S5	C3	Br1	1220

إذ لا توجد معلومات حول الموظف C في العلاقة ft-works، ولا توجد معلومات حول الموظف F في العلاقة employee.

نستخدم عملية الدمج الخارجي لتجنب ضياع المعلومات الموجودة، ويوجد ثلاثة أنواع من هذه العملية:

- الدمج الخارجي اليساري ويرمز إليها بـ ⟕،
- الدمج الخارجي اليميني ويرمز إليها بـ ⟖،
- الدمج الخارجي الكامل ويرمز إليها بـ ⟗.

تمثل الأشكال الثلاثة عملية الدمج مع إضافة حدوديات إلى نتيجة عملية الدمج الطبيعي.

ففي عملية الدمج اليساري left outer join تضاف إلى نتيجة الدمج الطبيعي حدوديات موجودة في العلاقة اليسارية وغير موجودة في العلاقة اليمينية، بعد وضع قيمة null عدم التعيين للواصفات القادمة من العلاقة اليمينية. تُجرى عملية الدمج الخارجي اليميني right outer join بكيفية مشابهة لعملية الدمج الخارجي اليساري، فتؤخذ الحدوديات الموجودة في العلاقة اليمينية وغير موجودة في العلاقة اليسارية. أما عملية الدمج الخارجي الكامل فهي اجتماع عمليتي الدمج الخارجي اليمني واليساري.

تمثل الجداول التالية العمليات السابقة:

employee ⟕ ft-works

employee-name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
D	S5	C3	Br1	1220
C	S4	C2	Null	Null

الدمج الخارجي اليساري

Employee ⟖ ft-works

employee-name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
D	S5	C3	Br1	1220
F	Null	Null	Br3	2000

عملية الدمج الخارجي اليميني

Employee ⟗ ft-works

employee-name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
D	S5	C3	Br1	1220
F	Null	Null	Br3	2000
C	S4	C2	Null	Null

عملية الدمج الخارجي الكامل

4-3- التوابع التجميعية Aggregate functions

تسمح التوابع التجميعية بأخذ مجموعة من القيم وإعادتها كقيمة وحيدة. من هذه التوابع :

- تابع الجمع Sum
- تابع المتوسط الحسابي Avg
- تابع تعداد عدد العناصر Count
- تابع أصغر قيمة Min
- تابع أكبر قيمة Max
- عملية تجميع العناصر في مجموعات جزئية group

مثال : إيجاد مجموع رواتب العاملين ft-works.

نكتب Sum_{salary} (ft-works)

ولحذف التكرار في القيم الموجودة أو المجمعة تضاف كلمة distinct إلى العملية ، فمثلا لإيجاد عدد الأفرع التي يتعامل معها الموظفون بدوام كامل نكتب :

$Count\text{-}distinct_{branch\text{-}name}$ (ft-works)

ولإجراء عملية جمع لرواتب الموظفين بدوام كامل والمجمعين ضمن الفروع نكتب :

$_{branch\text{-}name}G_{Sum\ salary}$ (ft-works)

حيث الشكل العام لعملية التجميع هو : $_{G1,G2,G3,\ldots,Gn}G_{F1A1,F2A2,\ldots,FmAm}(E)$

E تعبير جبر علاقاتي،

G1,G2,G3,...Gn تؤلف قائمة من الواصفات التي سيجري التجميع وفقها،

Fi هو تابع تجميعي وكل Ai هي اسم واصفة.

ونتيجة العملية هي أن مجموعة الحدوديات الناتجة من التعبير E تقسم إلى مجموعات بحيث تكون مجموعة الحدوديات المنتمية إلى مجموعة تملك قيما متساوية لقائمة الواصفات G1,G2,G3,…Gn.

5- تعديل قاعدة المعطيات

بعد دراسة كيفية استخراج المعلومات من قاعدة المعطيات، سنورد كيفية التعامل مع هذه المعلومات من إضافة وحذف وتعديل. سنقوم بهذه العمليات باستخدام عملية الإسناد.

5-1- الحذف Deletion

يعبر عن طلب الحذف بنفس طريقة الاستعلام، وبدلا من ظهور الحدوديات للمستثمر سوف تحذف الحدوديات الناتجة من قاعدة المعطيات. نعبر عن عملية الحذف في الجبر العلاقاتي بـ $r \leftarrow r - E$ حيث r علاقة، E تعبير استعلام في الجبر العلاقاتي.

مثال :

- لحذف جميع الحسابات المصرفية الخاصة بالسيد "Smith" نكتب :

$$account \leftarrow account - \sigma_{customer-name='Smith'}(account)$$

- لحذف جميع الحسابات الموجودة في الأفرع الموجودة في مدينة "Needham".

$$r1 \leftarrow \sigma_{branch-city="Needham"}(account >< branch)$$

$$r2 \leftarrow \Pi_{branch-name, account_number, balance}(r1)$$

حيث استخدمت علاقات وسيطة.

$$account \leftarrow account - r2$$

5-2- الإضافة Insertion

تجري عملية الإضافة إلى علاقة عن طريق تحديد الحدوديـات المـراد إضافتـها، بتحديـد قيم الواصفات لكل حدودية (بحيث تكون هذه القيم ضمن مجال تعريـف الواصفـات) أو بإعطاء الاستعلام الذي نتيجته مجموعة حدوديات متوافقة مع العلاقة (مـن حيـث عـدد الواصفات ومجال تعريف كل منها). الشكل العام لعملية الإضافة في الجبر العلاقاتي هو:

$r \leftarrow r \cup E$ حيث r علاقة و E تعبير جبر علاقاتي.

أمثلة :

لإضافة حساب في علاقة account إلى الشخص Smith نكتب :

$$account \leftarrow account \text{ Y } \{("Perryridg", A-932,1200)\}$$
$$depositor \leftarrow depositor \text{ Y } \{("Smith", A-932)\}$$

5-3- التعديل Updates

لتعديل قيمة أو مجموعة قيم متعلقة بواصفات حدودية معينـة نسـتخدم عمليـة الإسـقاط المعمم كالتالي :

$$r \leftarrow \prod_{F1,F2,..,Fn}(r)$$

حيث Fi تعبير للواصفة رقم I إذا طرأ تعديل عليها. ويساوي Ai في حال عدم وجود أي تعديل.

مثال : لنفترض أن المطلوب تعديل أرصدة الحسابات الموجودة في المصرف بإضافة فائدة تقدر بـ 5٪ إلى الرصيد.

تجري عملية التعديل كما يلي :

$$account \leftarrow \prod_{branch-name, account-number, balance \leftarrow balance*1.05} (account)$$

6- المنظار Views

حتى لحظتنا هذه نتعامل مع المستوى المنطقي لقاعدة المعطيات، الذي عبرنا عنه بتجمع من المخططات العلاقاتية المؤلفة للمعلومات المخزنة في قاعدة المعطيات العلاقاتية. إن التعامل المباشر لجميع المستثمرين مع المستوى المنطقي تعاملا كاملا غير مستحب لاعتبارات أمنية، فمن المرغوب فيه إمكان حجب بعض المعلومات عن بعض المستثمرين. أو توليد مجموعة علاقات خاصة بمجموعة مستثمرين.

انطلاقا من ذلك فقد أضيف إمكان تعريف منظار لجزء من المخطط المنطقي لقاعدة المعطيات، ويظهر هذا الجزء للمستخدم كعلاقة وهمية .

- تستخدم التعليمة التالية لتعريف المنظار :

create view v **as** <query expression>

حيث v اسم المنظار المراد تعريفه، و query expression هو تعبير استعلام مبني على العلاقات المراد تعريف منظار لها.

مثال : لتعريف منظار لجميع المتعاملين مع المصرف (مقترضين أو لديهم حساب مصـرفي) والفروع الذين يتعاملون معها.

نكتب :

create view all-customer as

$$\Pi_{branch-name,customer-name}(depositor >< account) \cup$$
$$\Pi_{branch-name,custome-name}(borrower >< account)$$

- بعد تعريف المنظار يمكن استخدام اسم المنظار للدلالة على علاقة وهمية، ومن ثم يمكننا اختيار حدوديات منها.

مثال : لإيجاد أسماء المتعاملين مع المصرف في الفرع perryridge نكتب :

$$\Pi_{customer-name}(\Pi_{branch-name="perryridge"}(all-customer))$$

الفرق الأساسي بين عملية الإسناد وعملية تعريـف المنظـار، هـو أن العلاقـة الناتجـة مـن عملية الإسناد، تحوي معلومات لا تتغـير بتغـير المعلومـات الموجـودة في العلاقـات الـتي تدخل في التعبير المكون لعمليـة الإسناد. علـى حـين نجـد أن محتـوى العلاقـة الوهميـة المكونة للمنظار يتبدل بتبدل محتوى العلاقات المشكلة للمنظار.

وبوجه عام تقوم معظم نظم إدارة قواعد المعطيـات بتخزيـن التعبـير المعـرف المنظـار وفقـه وليس نتيجة التعبير الجبري، وبعضها يسمح بتخزين علاقـة المنظـار. وعنـد حصـول أي تعديل على محتوى العلاقات الداخلة في تشكيل المنظار تجـرى هـذه التعديـلات مباشـرة على علاقة المنظار.

- يمكن تعرف منظار باستخدام مناظير معرفة سابقا. مثال :

create view perryridige-customer as

$$\Pi_{customer-name}(\sigma_{branch-name}(all-customer))$$

♦ تظهر بعض المشاكل عند إجراء تعديلات من خلال المنظار، ذلك أن أي تعديل على المنظار سيترجم إلى مجموعة من التعديلات على العلاقات الأصلية المشكلة للمنظار. لنبين ذلك بالمثال التالي :

لنفترض أننا عرفنا منظارا لرؤية المعلومات عن القروض في المصرف، عدا ما يتعلق بمعلومة كمية القرض كما يلي :

$$\text{create view branch-loan as } \prod_{branch-name,loan-number}(loan)$$

ولنفترض أننا نريد تعديل المنظار بإضافة قرض جديد وليكن ("perryridge", L-37) .

إن هذه العملية ستترجم إلى عملية إضافة إلى العلاقة الأصلية loan ولكن ضمن الحدودية المراد إضافتها لا توجد لدينا معلومات عن كمية القرض، ومن ثم يقوم النظام بتنفيذ أحد الحلين التالين :

- إعادة رسالة خطأ وعدم إجراء العملية.
- إضافة الحدودية التالية إلى علاقة loan : ("perryridge", L-37, null) .

7- الخلاصة

رأينا أن النموذج العلاقاتي قائم على تجمع من الجداول، يمكن للمستثمر الاستعلام من خلالها، وإضافة وتعديل وحذف حدوديات منها. يجري التعبير عن هذه العمليات بواسطة عدة لغات. درسنا منها لغة الجبر العلاقاتي، وهي لغة إجرائية تعرف العمليات الأساسية المستخدمة في لغة الاستعلام العلاقاتي، ولغة القضايا وهي لغة غير إجرائية.

المنظـار هـو علاقـة وهميـة تعـرف بتعبـير اسـتعلام، وهـو تقنيـة مفيـدة لتبسـيط بعـض الاستعلامات، ولكن يمكن أن ينتج بعض المشاكل لدى إجراء تعديل قاعدة المعطيات من خلال المنظار. يجري تخزين المنظار فيزيائيا لزيادة فعالية الاستعلام مـن خلالـه وعندهـا يجري تعديل محتوى المنظـار بعمليـات إضافيـة لـدى حصـول أي تعديـل علـى قـاعدة المعطيات.

تمارين الفصل الثالث

لتكن قاعدة المعطيات العلاقاتية المعرفة بالمخططات العلاقاتية التالية :

employee (employee-name, street, city)
works(employee-name, company-name,salary)
company(company-name, city)
manages(employee-name, manager-name)

والمطلوب إعطاء التعبير الموافق بلغة الجبر العلاقاتي لكل مما يلي :

1. أسماء جميع الموظفين العاملين في المصرف التجاري.
2. أسماء ومدن إقامة جميع الموظفين العاملين في المصرف التجاري والذين يكسبون أكثر من 100000 ل. س في السنة
3. أسماء جميع الموظفين الذين يقطنون في نفس المدينة التي توجد فيها الشركة التي يعملون فيها.
4. أسماء جميع الموظفين الذين يقطنون في نفس المدينة والشارع الذين يقطن فيهما مدرائهم.
5. أسماء الشركات الموجودة في عدة مدن.
6. أسماء الشركات الموجودة في مدن للمصرف التجاري تواجد فيها.
7. أسماء الموظفين الذين رواتبهم أعلى من رواتب جميع موظفي المصرف التجاري.
8. حذف جميع الحدوديات المجودة في علاقة works والمتعلقة بموظفي المصرف التجاري.

الفصل الرابع

لغة SQL

مقدمة

درسنا في الفصل السابق لغة استعلام تقدم العمليات اللازمة لتمثيل استفسار معين. ولمّا كانت نظم إدارة قواعد المعطيات التجارية تتطلب لغة استفسار أكثر قرباً من المستثمر، فإننا سندرس في هذا الفصل أكثر لغات الاستعلام التجارية انتشاراً وهي لغة SQL ، والتي هي تركيب من لغة الجبر العلاقاتي والحساب العلاقاتي. تجمع لغة SQL إمكانات إضافية إلى الاستعلام من قاعدة المعطيات، فتسمح بتعريف بنية المعطيات وإضافة وتعديل المعطيات في قاعدة المعطيات، وبتحديد أمانها.

لن نقوم بتقديم دليل استخدام كامل لـ SQL ، وسنقوم فقط بعرض البنى والمفاهيم الأساسية لهذه اللغة.

لمحة تاريخية

طوّر النسخة الأصلية من SQL مخبر البحث IBM San Jose وأطلق عليها اسم Sequel وكانت جزءاً من مشروع نظام R في بداية 1970، ثم جرى تطوير هذه اللغة وتغيير اسمها إلى S QL (Structured Query Language).

في عام 1986 نشر معهد المقاييس الأمريكي ANSI وهيئة المقـاييس العاليـة (ISO) لغـة SQL المعيارية. سُمِّيت باسم SQL-86.

كما قامت IBM بنشر معيار SQL خاص بها وتوسّع لهـذا المعيـار SQL المعيـاري عـام 89، ثمّ اعتمدت نظم قواعد المعطيات هذه اللغة حتى اليوم.

سنعرض فيما يلي لمحة إلى SQL المعتمدة على المعيارين SQL-89 و SQL-92.

1- تعريف بلغة SQL

تتكون لغة SQL من عدة أجزاء:

- لغة تعريـف المعطيـات (**DDL(Data Definition Language** : وتقـدم التعليمات اللازمة لتعريف وتعديل مخطط علاقة، حذف علاقة، بناء فهارس .
- لغـة التعـامل مـع المعطيــات **(Interactive Data Manipulation DML Language)** : وتعتمد طريقةً لصياغـة الاسـتعلامات المرتكـزة علـى الجـبر العلاقاتي وجبر القضايا، وتحوي تعليمات لإضافة، وحـذف وتعديـل حدوديـات في قاعدة المعطيات.
- لغة التعامل مع المعطيات المُضَمَّنة **Embedded**: وهي مصممة للتضمين في لغات البرمجة الاعتيادية مثل **PL/I**، باسكال، **C**، كوبول.
- تعريف المنظار: تحوي لغة تعريـف المعطيـات في **SQL** تعليمـة تسـمح بتعريـف منظار.
- السماحيات: تحوي لغـة تعريـف المعطيـات في **SQL** تعليمـات لتحديـد حقـوق الوصول إلى العلاقات والمناظير.

- التكامل: تحوي DDL في SQL تعليمات لتحديد شروط التكامل.
- التحكم في الناقلات Transaction Control: في SQL يوجد تعليمات لتحديد بداية الناقلة ونهايتها. كما يوجد تطويرات تسمح بقفل المعطيات للتحكم في الوصول المتزامن.

في الأمثلة المقبلة سنستخدم قاعدة معطيات حول المصارف التي يتضمن مخططها المنطقي:

```
Branch-Schema = (branch-name, branch-city, assets)
Customer = (customer-name, customer-street, city)
Loan = (branch-name, loan-number, amount)
Borrower = (customer-name, loan-number)
Account = (branch-name, account-number, balance)
Depositor = (customer-name, account-number)
```

2- لغة الاستعلام

2-1- البنية الأساسية للاستعلام في لغة SQL

تتألف البنية الأساسية للاستعلام في لغة SQL من ثلاثة أجزاء هي Select, From, Where :

يُعبر الجزء Select عن عملية الإسقاط في الجبر العلاقاتي. و يُستخدم الجزء From لتحديد العلاقات المستخدمة في عملية الاختيار. ويُكافئ الجداء الديكارتي في الجبر العلاقاتي. أما الجزء Where فيتضمن قضية منطقية يجب أن تحققها الواصفات الموجودة في العلاقات التي جرى تحديدها في جزء From.

ويُصبح الشكل العام للاستعلام في لغة SQL كما يلي :

select A_1, A_2, ... A_n

from r_1, r_2, ... r_m

where P

حيث : A_i هي واصفات

r_i علاقات

P قضية

وهي تكافىء في الجبر العلاقاتي العملية التالية :

$$\Pi_{A1-Am}\left(\sigma_P\left(r1 \times r2 \times .... \times rm\right)\right)$$

سنناقش فيما يلي الأجزاء الثلاثة في استعلام بلغة SQL :

- فقرة الاختيار **(Select clause) Select** : تُستخدم لتحديد قائمة الواصفات المطلوب إظهارها في نتيجة الاستعلام.

مثال: لإيجاد أسماء جميع الأفرع في علاقة القروض، نستخدم التعليمة :

```
select branch-name
From loan;
```

والنتيجة هي علاقة تحوي واصفاً واحداً (branch-name)

تسمح لغة SQL بتكرار الحدوديات في العلاقة أو في نتيجة استعلام، ولحذف التكرار نضيف كلمة distinct بعد Select.

```
Select distinct branch-name
From loan;
```

وتُستخدم كلمة all لمنع حذف التكرار في الحدوديات.

مثال :

```
select all branch-name
from loan;
```

يستخدم الرمز "*" للدلالة على اختيار جميع الواصفات من علاقة .

مثال :

```
select *
From loan;
```

ويمكن أن تحوي فقرة select تعابير حسابية تستخدم العمليات + ، − ، * و /

مثال:

```
select branch-name, loan-number, amount * 100
from loan;
```

- فقرة **Where** : تُستخدم لتحديد الشروط التي يجب أن تحققها الحدوديات المختارة، فمثلاً لإيجاد أرقام القروض في الفرع "**perryridge**" والتي تزيد عن **1200** نكتب :

```
select loan-number
from loan
where branch-name = "perryridge" and amount >1200;
```

تستخدم العاملات المنطقية and، or و not في فقرة where وعمليات المقارنة <، >، =<،
=>، =، و >< و between و not between.

مثال :

```
Where amount between 90000 and 100000 ;
```

- فقرة **From** : تعرف فقرة **From** الجداء الديكارتي بين العلاقات المراد اختيار الحدوديات منها. ولما كانت عملية الدمج تُعرف كجداء ديكارتي وعملية اختيار وإسقاط، فإنه يمكننا التعبير بلغة **SQL** عن عملية الدمج التالية :

$$\Pi_{customer-name,loan-number}(borrower >< loan)$$

بالشكل :

```
select distinct customer-name, borrower. loan-number
From borrower, loan
where borrower.loan-number = loan.loan-number;
```

ويلاحظ في المثال السابق أننا استخدمنا relation-name.attribute-name في فقرة select بسبب وجود نفس اسم الواصف في أكثر من علاقة وذلك لتجنب الالتباس.

2-2- إعادة التسمية

تجري إعادة التسمية للعلاقات والواصفات باستخدام الفقرة as :

old-name as new-name

مثال : لإيجاد أسماء وأرقام قروض جميع الزبائن الذيـن حصلـوا علـى قـرض مـن فـرع Perryridge ، مع التعويض عن اسم العمود loan-number باسم loan-id نكتب :

```
select distinct customer-name, borrower.loan-number as
loan-id
from borrower, loan
where borrower.loan-number = loan.loan-number and
branch-name= "Perryridge"
```

متحولات الحدودية :

عبارة "as" مفيدة في تعريف متحـولات مـن نمـط حدوديـة. وكمـا في لغـة القضايـا فـإن المتحول الحدودي في SQL يرتبط بعلاقة. لنبين ذلك بالمثال التالي:

مثال : لإيجاد جميع الزبائن الذين حصلوا على قرض من المصرف (أسماء الزبائن وأرقـام قروضهم)

```
Select distinct customer-name, T.loan-number
From borrower as T, loan as S
Where T.loan-number = S.loan-number
```

يلاحظ من المثال السابق أن المتحول الحدودي T يرمز إلى حدودية لا علـى التعيـين مـن العلاقة borrower. وفي بعض الحـالات نحتـاج إلى إعطـاء تسـميات مختلفـة لمتحـولات حدودية. كما يوضح ذلك المثال التالي :

لنفترض أننا نحتاج إلى معرفة جميع الفروع التي توجد في نفس المدينة الـتي يوجـد فيـها الفرع Perryridge. لحل هـذا الاسـتعلام نسـتخدم متحوليـين الأول S والثـاني T يشـير كلاهما إلى العلاقة Branch-Schema.

Branch-name	Branch-city	Assets	
.			
perryridge			← S
.			
Y			← T

وتُستخدم التعليمة :

```
Select T.branch-name
From branch  T,
Branch S
Where S.city = T.city and S.branch-name= "perryridge";
```

2-3- العمليات على سلسلة المحارف

أكثر العمليات استخداماً هي التشابه الجزئي like ونصف هنا التشابه باستخدام حرفين:

% : للدلالة على أي سلسلة أحرف جزئية

under score : للدلالة على أي حرف

مثال: للبحث عن الفروع التي تحوي سلسلة الأحرف idge في أي موقع من اسم الفرع نستخدم التعليمة :

```
Select  branch-name From Branch
Where branch-name Like "%idge%" ;
```

وتُستخدم "_ _ _" للدلالة على أي سلسلة أحرف مؤلفة من ثلاثة أحرف بالضبط

ولوضع الحرفين ٪، _ ضمن السلسة المراد مقارنتها، لا لاستخدام وظيفتهما. يجب أن يسبقا بحرف ESC. فنكتب:

```
customer-street like "abESC%cd%"
```

أي البحث عن اسم شارع سكن الزبون والذي يبدأ بسلسلة المحارف "ab%cd" .

ويمكن استخدام التعبير not like لإيجاد عدم وجود تشابه ضمن سلسلة الأحرف.

تسمح SQL باستخدام توابع مختلفة لسلسلة الأحرف مثل وصل سلسلتين Concatenating باستخدام ("II")، واستخراج جزء من السلسلة، وإيجاد طول سلسلة الأحرف، والتحويل بين الأحرف الصغيرة والكبيرة، ...

2-4- ترتيب الحدوديات الناتجة

يمكن للمستثمر أن يتحكم في ترتيب الحدوديات في العلاقة الناتجة، وذلك باستخدام عبارة Order by. فمثلاً لاستخراج قائمة مرتبة ترتيباً أبجدياً بأسماء الزبائن، والذين حصلوا على قرض من الفرع "Perryridge" نكتب:

```
select distinct customer-name
from borrower, loan
where borrower.loan-number = loan.loan-number
      and branch-name = "perryridge"
      order by customer-name;
```

إن القائمة الناتجة ستكون مرتبة، ويمكن تحديد طريقة الترتيب تصاعدياً asc أو تنازلياً desc(descending ascending)، كما يمكن أن يطلب الترتيب على عدة واصفات.

مثال : لنفترض أننا نريد قائمة القروض مرتبة ترتيباً تنازلياً حسب مبلغ القرض، وفي حال وجود عدة قروض لها نفس المبلغ، نقوم بترتيبها تصاعدياً حسب رقم القرض.

نكتب:

```
select   *
from loan
order by amount desc, loan-number asc
```

إن كلفة إجراء ترتيب على عدد كبير من الحدوديات هي كلفة عالية، ولذلك يجري إجراء الترتيب فقط في حال الضرورة.

2-5- العمليات على المجموعات

تسمح SQL-92 بالعمليات union , intersect و except المقابلة للاجتماع والتقاطع والفرق في الجبر العلاقاتي. يجب أن تكون العلاقات التي تطبق عليها هذه العمليات متجانسة (لها نفس الواصفات).

سوف نبين كيفية استخدام هذه العمليات من خلال أمثلة :

2-5-1- الاجتماع

لإيجاد مجموعة كل الزبائن المتعاملين مع المصرف سواء مقترضين أو مودعين نكتب:

```
(select customer-name
From depositor)
union
```

```
select customer-name
from borrower)
```

تحذف عملية الاجتماع الحدوديات المكررة آلياً مثل عملية الاختيار. في حال الرغبة في الاحتفاظ بالتكرار، نكتب (union all)، فتحوي النتيجة حدوديات مكررة بعدد ظهورها في كلٍ من العلاقتين.

2-5-2- التقاطع

لإيجاد الزبائن الذين حصلوا على قرض ولديهم حساب في المصرف نكتب:

```
(select distinct customer-name
from depositor)
intersect
(select distinct customer-name
from borrower)
```

وتُستخدم العبارة intersect all لإظهار الحدوديات المكررة، وعندها تحوي النتيجة الزبائن بعدد القروض والإيداعات المشتركة.

2-5-3- الفرق

لإظهار جميع الزبائن الذين لديهم حساب في المصرف ولم يستفيدوا من قرض منه نكتب:

```
(select distinct customer-name
from depositor)
except
(select customer-name
from borrower)
```

يمكن استخدام العبارة "except all" لإظهار الحدوديات المكررة، وبذلك نستطيع الحصول على أسماء الأشخاص الذين لديهم عدد من الحسابات أكبر من عدد القروض التي اقترضوها.

2-6- التوابع التجميعية

تُطبق التوابع التجميعية على مجموعة من القيم وتعيد قيمة واحدة. أهم هذه التوابع ما يلي :

دلالة التابع	التابع
المتوسط Average	Avg
الأصغر Minimum	Min
الأكبر Maximum	Max
المجموع Total	Sum

أمثلة :

- لإظهار متوسط أرصدة الحسابات في الفرع "x" نكتب :

```
select avg (balance)
from account
where branch-name = "x" ;
```

- ولإظهار أكبر قيمة قرض منحها فرع Perryridge نكتب :

```
select Max (amount)
from loan
where branch-name= "Perryridge"
```

- ولإظهار مجموع أرصدة الحسابات المفتوحة في الفرع "x" نكتب :

```
select Sum(balance)
from account
where branch-name ="x";
```

• ولإظهار قائمة بالأفرع ومتوسط الأرصدة في كل منها نكتب :

```
select branch-name, avg (balance)
from account
group by branch-name ;
```

نلاحظ من المثال السابق أن الإبقاء على التكرار ضروري أثناء عملية حساب الوسطي avg.

2-7- معالجة القيم غير المعلومة

تسمح لغة SQL باستخدام القيمة غير المعلومة Null للدلالة على عدم توفر معلومات في واصف.

مثال : لإيجاد أرقام القروض التي لا نعرف قيمتها نكتب:

```
select loan-number
from loan
where amount is null;
```

تعالج التوابع التجميعية القيم غير المعلومة بحيث تتجاهل وجود هذه القيم في مجموعة العناصر التي تُجرى عليها العملية التجميعية وتعطي النتيجة دون اعتبارها، ويقوم التابع Count بحصر عدد الحدوديات التي لاتحوي قيماً غير معلومة.

2-8- تجزئة العلاقة

في الأمثلة السابقة كنا نطبق تابعاً تجميعياً على بعض أسطر العلاقة التي تحقق شرطاً معيناً مثل : "اسم الفرع=..." غير أننا لو أردنا مثلاً حساب وسطي الأرصدة في كل فرع فإننا. وبحسب الطريقة السابقة، سنضطر لتنفيذ تعليمة :

```
Select Avg (balance)
from account
Where branch-name= "x";
```

عدداً من المرات يساوي عدد الفروع، وفي كل مرة نجعل x تأخذ اسم أحد الفروع.

طبعاً هذا الحل غير مجدٍ وخاصة عندما لا تكون لدينا فكرة سابقة عن أسماء كافة الفروع. لحل هذه المشكلة، تقدم لغة SQL إمكان تجزئة العلاقة وفق قيمة أحد الواصفات، ومن ثمّ إجراء عملية تجميع على واحد أو أكثر من الواصفات الباقية.

نحدد العمود الذي تجري التجزئة وفقه بالعبارة Group by. وهكذا نكتب :

```
select branch-name, avg(balance)
from account
group by branch-name;
```

الذي يمكن تمثيله بالشكل التالي :

Account

Branch-name	Account-nb	Balance
Perryridge	X1	10000
National	X2	20000
Perryridge	X3	30000
Perryridge	X4	20000
Perryridge	X5	40000

Results

Branch-name	Avg(balance)
Perryridge	25000
National	20000

مثال :

- لإيجاد عدد المشتركين الذين لديهم حساب في كل فرع نكتب:

```
select branch-name, count (distinct customer-name)
from depositor, account
where depositor.account-number =
       account.account-number
group by branch-name ;
```

ويمكن وضع شروط تُطبق على نتيجة عملية التجميع باعتبارها علاقة جديدة.

مثال :

- لإيجاد أسماء الفروع التي متوسط الأرصدة فيها أكبر من 1200$ يُستخدم التعبير having في SQL كالتالي:

```
select branch-name, avg (balance)
from account
```

```
group by branch-name
having avg (balance) > 1200;
```

إذا وجد تعبير having و where في نفس الاستعلام فإن الشرط where يطبق أولاً، وتوضع الحدوديات المحققة للشرط في مجموعات (groups) بتطبيق group by ثمّ يطبق تعبير having على كل مجموعة. وتكون النتيجة المجموعات المستخدمة في تعليمة Select والتي تحقق الاستفسار.

مثال :

لإيجاد متوسط أرصدة كل زبون يعيش في مدينة "x" ويملك على الأقل ثلاثة حسابات نكتب :

```
select depositor, customer-name, avg (balance)
from depositor, account, customer
where depositor.account-number =
      account.account-number
and   depositor.customer-name =
      customer.customer- name
and customer-city = "x";
group by (depositor, customer-name)
having count (distinct depositor.account-number > = 3)
```

2-9- الاستفسارات الجزئية المضمّنة

تقدم SQL تقانات لتنفيذ استفسارات جزئية مضمّنة، الاستفسار الجزئي هو تعبير من الشكل Select -from -where ويكون مضمناً في استفسار آخر.

أمثلة :

الانتماء إلى مجموعة

لإيجـاد جميـع الزبـائن الذيـن لديـهم قـرض وحسـاب في الصـرف، يمكننـا الوصـول إلى المطلوب باستخدام عملية التقاطع بين مجموعتين: مجموعة الزبائن المقترضين و مجموعـة الزبائن المودعين. كما يمكن استخدام منحـى آخـر كإيجـاد جميـع المودعـين في المصـرف الذين ينتمون إلى مجموعة المقترضين من المصرف.

نكتب:

```
select distinct customer-name
from borrower
where customer-name in
          (select customer-name from depositor)
```

مقارنة المجموعات

تسمح لغة SQL باستخدام المقارنة بين مجموعة حدوديات ومجموعة حدوديات أخرى.

مثال : لإيجاد أسماء جميع الفروع التي قيـم موجوداتـها أكـبر مـن قيـم موجـودات فـرع واحد على الأقل من الفروع الموجودة في مدينة "x".

يمكن صياغة الاستعلام بالشكل التالي :

```
select distinct T.branch-name
from branch as T, branch as S
where T.assets > S.assets and S.branch-city = "x"
```

تسمح SQL بالصياغة بشكل مختلف وباستخدام عبارة بعض "some" التي تدل علـى بعض عناصر المجموعة، والعبارة all التي تدل على كل عناصر المجموعة. مثال :

```
select branch-name
from branch
where assets > some
          (select assets
           from branch
           where branch-city = "*")
```

ويمكن استخدام عبارات المقارنة مع جزء من المجموعة التالية :

```
>some, <some, >=some, < >some, =some, <= some
```

وكذلك >all, <all, >=all, < >all, =all , <=all

مثال:

لإيجاد الفروع التي لديها متوسط الأرصدة أعظمي (أي متوسط الأرصدة فيها أكبر من جميع متوسطات الأرصدة في باقي الفروع) نكتب :

```
select branch-name
from account
group by branch-name
having avg (balance) >= all
          (select avg (balance)
          from account
          group by branch-name)
```

اختبار العلاقات الفارغة

يمكن اختبار وجود عناصر (حدوديات) في علاقة باستخدام عبارة يوجد "exists" التي تعيد قيمة صح "true" في حال وجود هذه العناصر.

مثال : لإيجاد أسماء الزبائن الذين لهم قرض وحساب في المصرف نكتب

```
select customer-name
from borrower
where exists (select *
              from depositor
              where depositor.customer-name =
                    borrower.customer-name)
```

اختبار عدم وجود تكرار في الحدوديات

يجري ذلك باستخدام التعبير "Unique" الذي يعيد القيمة true إذا لم يحتو الاستعلام الجزئي تكراراً في الحدوديات.

مثال: لإيجاد أسماء الزبائن الذين لديهم حساب واحد في الفرع "x" نكتب

```
select T.customer-name
from depositor as T
where unique (select R.customer-name
from account, depositor as R
where      T.customer-name = R.customer-name and
           R.account-number = account.account-number
           and
           Account.branch-name = "x")
```

2-10- العلاقات المشتقة

يمكن حفظ نتيجة استفسار في علاقة جديدة. ويمكن إعادة تسمية واصفات هذه العلاقة الجديدة. وسنستخدم لذلك التعبير as :

مثال : لإنشاء علاقة اسمها result تحوي الواصفين branch-name و avg-balance

نكتب :

```
(select branch-name, avg (balance)
from account
group by branch-name)
as result (branch-name, avg-balance)
```

3- المناظير

يُعرّف المنظار بلغة SQL بالشكل:

```
create view as (query expression)
```

مثال:

```
create view branch-total-loan
     (branch-name, total-loan)
as select branch-name, sum (amount)
from loan
group by branch-name
```

ولحذف منظار نكتب:

```
drop view view-name
```

4- تعديل قاعدة المعطيات

يجري التعبير عن عمليات الإضافة والحذف والتعديل على قاعدة المعطيات باستخدام لغة SQL بالشكل التالي :

4-1- الحذف

الشكل العام لتعليمة حذف حدوديات من علاقة هو :

```
delete From tablename where condition
```

أمثلة :

1- لحذف جميع الحسابات العائدة للفرع " Perryridge " نكتب :

```
delete from  account
where  branch-name=  " Perryridge "
```

2- لحذف جميع الحسابات في جميع الفروع الموجودة في مدينة "Needham" نكتب :

```
delete from  account
where  branch-name in  (select  branch-name
from  branch
where  branch-city=  " Needham " )
```

3- لحذف كافة المودعين الذين فتحوا حسابات في فروع تقع في مدينة"Needham" نكتب :

```
delete from  depositor
where  account-number in
      (select  account-number
      from  branch, account
      where  branch-city=  " Needham "
      and
      branch.branch-name= account.branch-name
      )
```

4- لحذف جميع تسجيلات الحسابات التي رصيدها أقل من وسطي الأرصدة في المصرف نكتب:

```
delete from  account
where  balance <
      (select avg  ( balance) from  account)
```

المشكلة التي تظهر في هذا المثال هي أن حذف حدوديات من العلاقة account يغير من قيمة وسطي الأرصدة في المصرف، وهنا تقوم لغة SQL بحل هذا الإشكال كالتالي :

في البداية تقوم بحساب متوسط الأرصدة وإيجاد جميع الحدوديات التي يجب أن تحذف.

ثم تقوم بحذف جميع الحدوديات الموجودة سابقاً (دون إعادة حساب المتوسط أو إعادة اختبار الحدوديات).

4-2- الإضافة

تأخذ عملية إضافة حدودية إلى علاقة الشكل العام التالي :

```
insert into  rel-name
values  ( attribute values)
```

أو

```
insert into  rel-name
(select  ....From....Where ....)
```

وفي هذه الحالة يجري تنفيذ عملية الاختيار أولاً، ثمّ عملية الإضافة.

أمثلة :

1- لإضافة حدودية جديدة إلى علاقة الحسابات نكتب :

```
insert into  account
values  ( " Perryridge " , A-9732, 1200)
```

أو الشكل المكافئ :

```
insert into  account
      ( branch-name, balance, account-number)
values
      ( " Perryridge " , 1200, A-9732)
```

2- لإضافة حدودية جديدة إلى علاقة الحسابات مع أن الرصيد للحساب مجهول أو غير معلوم نكتب :

```
insert into  account
values  ( " Perryridge " , A-777, null)
```

3- لإضافة حساب مصرفي إلى جميع المقترضين من المصرف من الفرع "Perryridge" بقيمة 200$ وبحيث يُعتمد رقم القرض رقماً للحساب الجديد، نكتب :

```
insert into  account
select  branch-name, loan-number, 200
from  loan
where  branch-name=  " Perryridge "

insert into  depositor
select  customer-name, loan-number
from  loan, borrower
where  branch-name=  " Perryridge "
and  loan.account-number= borrower.account-number
```

4-3- التعديل

الشكل العام لتعليمة التعديل هو :

```
update  rel-name
set  attribute= new-values
where condition
```

مثال : لتعديل أرصدة الحسابات المصرفية بإضافة 6% إلى الحسابات التي يزيد رصيدها عن على 10.000$ وإضافة 5% إلى البقية، نكتب :

```
update  account
set  balance = balance *  1.06
where  balance>  10000

update  account
set  balance = balance* 1.05
where  balance <= 10000
```

ويمكن إجراء التعديل على قاعدة المعطيات بواسطة التعديل على المنظار المُعرف على هذه القاعدة. ولكن كما ناقشنا سابقاً (الفصل الثالث) تظهر بعض المشاكل المتعلقة بالتعامل مع القيم غير المعلومة.

مثال : ليكن لدينا المنظار branch-loan المُعرف على قاعدة معطيات المصرف، والذي يُظهر معطيات جميع القروض مع إخفاء المعطيات المتعلقة بكمية هذه القروض.

```
create view  branch-loan as
select  branch-name, loan-number
from  loan
```

نضيف حدودية جديدة إلى المنظار :

```
insert into  branch-loan
values  ( " Perryridge " ,  " L-307 " )
```

تتمثل عملية الإضافة هذه بعملية إضافة للحدودية

("Perryridge " , " L-307 " , null)

إلى العلاقة loan.

التعديل على المعطيات من خلال مناظير أكثر تعقيداً، وفي بعض الأحيان تستحيل ترجمته لمعرفة التعديلات الواجب إجراؤها على العلاقات الأساسية.

5- دمج العلاقات

دمج العلاقات عملية ثنائية تأخذ علاقتين كدخل وتُعطي علاقة كخرج. تُستخدم هذه العمليات الإضافية كتعابير استفسار جزئي في فقرة From ضمن الاستفسار.

شرط الدمج : يحدد الحدوديات المُختارة من العلاقتين والواصفات التي تظهر في نتيجة الدمج.

نوع الدمج : يحدد طريقة دمج أو عدم دمج الحدوديات من كل علاقة مع العلاقة الأخرى.

أنواع الدمج
دمج داخلي
دمج خارجي يساري
دمج خارجي يميني
دمج خارجي تام

شروط الدمج
طبيعي
يحقق <قضية>
باستخدام (A1,A2,...,An)

مثال : لتكن لدينا العلاقتان التاليتان :

العلاقة loan

Branch-name	Loan-number	Amount
Downtown	L-170	3000
Redwood	L-230	4000
Perryridge	L_260	1700

العلاقة borrower

Customer-name	Loan-number
Jones	L-170
Smith	L-230
Hayes	L_155

تجري عملية الدمج الداخلي بين العلاقتين بالعملية التالية :

```
Loan inner join  borrower on
          loan.loan-number = borrower.loan-number
```

ونحصل على النتيجة :

Branch-name	Loan-number	Amount	Customer-name	Loan-number
Downtown	L-170	3000	Jones	L-170
Redwood	L-230	4000	Smith	L-230

وعملية الدمج الخارجي اليساري تُعطي :

```
loan left outer join borrower on
       loan.loan-number = borrower.loan-number
```

Branch-name	Loan-number	Amount	Customer-name	Loan-number
Downtown	L-170	3000	Jones	L-170
Redwood	L-230	4000	Smith	L-230
Perryridge	L_260	1700	null	null

وعملية الدمج الطبيعي :

```
loan natural inner join borrower on
      loan.loan-number = borrower.loan-number
```

Branch-name	Loan-number	Amount	Customer-name
Downtown	L-170	3000	Jones
Redwood	L-230	4000	Smith

وعملية الدمج الخارجي اليميني الطبيعي

```
loan natural right outer join  borrower
```

Branch-name	Loan-number	Amount	Customer-name
Downtown	L-170	3000	Jones
Redwood	L-230	4000	Smith
null	L-155	null	Hayes

وعملية الدمج الخارجي الكامل :

```
Loan full outer join  borrower using  ( loan-number)
```

Branch-name	Loan-number	Amount	Customer-name
Downtown	L-170	3000	Jones
Redwood	L-230	4000	Smith
Null	L-155	null	Hayes
Perryridge	L-260	1700	null

مثال : لإيجاد الزبائن الذين يتعاملون مع المصرف بنوع واحد من التعـامل (مقترضون أو مودعون) لا بالنوعين معاً، نكتب :

```
select   customer-name
from   ( depositor natural full outer join  borrower)
where       account-number is  null
            or  loan-number  is  null
```

6- لغة تعريف المعطيات DDL

تسمح لغة SQL بتعريف العلاقات التي تتكون منها قاعدة المعطيات، وبتحديد معلومات عن كل علاقة بما يتضمن :

- المخطط العلاقاتي لكل علاقة.
- مجال تعريف القيم المرتبطة بكل واصف.
- شروط التكامل.
- مجموعة المؤشرات المرتبطة بكل علاقة.
- أمن المعلومات وسماحيات الوصول.

- بنية التخزين الفيزيائي.

6-1- تعريف المجالات بلغة SQL

يمكن تعريف أنماط مختلفة للمجالات بلغة SQL منها :

char(n) : لتعريف سلسلة أحرف ذات طول ثابت. حيث n طول ثابت يحدده المستثمر.

varchar(n) : لتعريف سلسلة أحرف ذات طول متغير. حيثn الطول الأعظمي الذي يحدده المستثمر.

Int : عدد صحيح.

number(p,d) : رقم ممثل بالنقطة الثابتة.

real, double precision : رقم ممثل بالفاصلة العائمة مع دقة مضاعفة.

Date : التاريخ يحوي 4 خانات للسنة.

Time : الوقت في اليوم ،ساعة، دقيقة، ثانية.

ملاحظات :

- يُسمح باستخدام القيم غير المعلومة في جميع أنماط المجالات. والتصريح بكون واصفة لا تقبل قيماً غير معلومة يُحرم استخدام القيم غير المعلومة لهذه الواصفة.

- يمكن للمستثمر أن يُعرف مجالات خاصة به باستخدام لغة SQL كما في المثال التالي

```
create domain  person-name char (20) not null
```

6-2- تعريف المخطط العلاقاتي بلغة SQL

يُعرّف مخطط علاقة بلغة SQL باستخدام التعليمة التالية :

```
create table  r ( A1 D1 ,A2 D2 , ..., An Dn ,
integrity-constraint 1 i  ,
...,
integrity-constraint k i  )
```

حيث :

r اسم العلاقة

Ai اسم الواصفة رقم I من مخطط العلاقة r

Di مجال تعريف الواصفة Ai

li, ...,ki شروط تكامل مُعرّف على الجدول

مثال :

```
create table  branch
 ( branch-name char(15) not null ,
 branch-city char(30),
 assets integer)
```

تُعرّف شروط التكامل على المخطط العلاقاتي والمتضمنة :

- عدم احتوائه على قيم غير معلومة not null.
- تعريف المفتاح الرئيسي primary key (A1 ,...,An)
- تعريف قضية check (P) حيث P قضية.

مثال :

لتعريف مخطط علاقاتي branch بحيث تكون الواصفة branch-name مفتاحاً رئيسياً و قيم الواصفة assets غير سالبة، نكتب :

```
create table branch
(
branch-name char(15) not null,
branch-city char(30),
assets integer,
primary key ( branch-name), check ( assets>=0)
)
```

إن تعريف المفتاح الرئيسي على واصفة يجعل اختبار عدم احتوائها على قيم غير معلومة آلياً.

6-3- حذف مخطط علاقة بلغة SQL

تسمح تعليمة **drop table** بحذف جميع المعلومات المتعلقة بالعلاقة من قاعدة المعطيات، وتسمح تعليمة **alter table** بإضافة واصفات إلى مخطط علاقة موجودة، وبحيث تأخذ هذه الواصفة قيمة غير معلومة في جميع الحدوديات الموجودة سابقاً في العلاقة.

مثال : لإضافة واصف باسم A ومجاله D إلى العلاقة r نكتب :

```
alter table r add A D
```

ويمكن استخدام تعليمة **alter table** لحذف واصف من العلاقة. مثال :

```
alter table r drop A
```

حيث A واصف ضمن العلاقة r.

7- لغة SQL المضمّنة

يمكن تضمين تعليمات SQL في لغات برمجة متعددة مثل : ,Pascal, PL/I, Fortran C و Cobol . تُسمى اللغة المُتضمنة تعليمات SQL باللغة المُضيفة.

الشكل العام لتعليمات SQL المضمنة في لغة برمجة مثل PL/I هو :

```
EXEC SQL
     < embedded SQL statement >
END EXEC
```

مثال :

لإيجاد أسماء وأرقام الحسابات المصرفية للزبائن الذين يزيد رصيد حساباتهم عن amount ، نقوم بتحديد تعليمة SQL التي تسمح باستخراج تلك المعلومات وبتعريف مؤشر cursor لتلك التعليمة كالتالي :

```
EXEC SQL
declare c cursor for
select customer-name, account-number
from depositor, account
where depositor.account-number= account.account-number
and account.balance> : amount
END-EXEC
```

- تسمح تعليمة open c حيث c مؤشر تعليمة SQL بوضع التعليمة موضع التنفيذ.

```
EXEC SQL
   open  c
END-EXEC
```

- تسمح تعليمة fetch c into :variable-name بإسناد قيم واصفات حدودية واحدة من نتيجة الاستعلام إلى متحولات في اللغة المضيفة.

```
EXEC SQL
      fetch  c into  :cn, :an
END-EXEC
```

ويُحصل على الحدوديات المختلفة الناتجة من استعلام معين، باستدعاء متتال لتعليمة fetch، ويُستخدام متحول خاص لمنطقة اتصال لغة SQL للإشارة إلى الوصول إلى نهاية نتيجة الاستعلام .

– تسمح تعليمة close c لنظام قواعد المعطيات بحذف العلاقة الوسيطة الحاوية لنتيجة الاستعلام.

```
EXEC SQL
      close  c
END-EXEC
```

تمارين الفصل الرابع

1- أعد كل طلبات المبينة في نهاية الفصل الثالث مع صياغة المطلوب بلغة SQL.

2- لتكن لدينا العلاقات التالية :

employee (Id, name, job, manager-id, salary, dept-id)
department (dept-id, name, city)

التي تتضمن معلومات عن الموظفين في شركة تمتلك عدة فروع.

حيث :

employee

Id	رقم الموظف
name	اسم الموظف
job	العمل الذي يؤديه الموظف
manager-id	رقم الرئيس المباشر
salary	الراتب الشهري
dept-id	رقم القسم الذي يعمل فيه

department

dept-id	رقم القسم
name	اسم القسم
city	المدينة التي يوجد فيها

المطلوب :

أ. اكتب التعليمات اللازمة لإنشاء هاتين العلاقتين مع تحديد الشروط التالية :

- رقم الموظف وحيد
- لايمكن أن يكون اسم الموظف مجهولاً
- يعمل كل موظف في قسم واحد

ب. هل يمكن اعتبار رقم الرئيس المباشر إجبارياً

ت. هل يمكن اعتبار متضمناً في قائمة أرقام موظفي الشركة.

ث. اكتب الاستفسارات التالية بلغة SQL :

- عدد العاملين في مدينة دمشق مرتبة أبجدياً
- أسماء ورواتب العاملين في قسم التسويق (Marketing) مرتبة تنازلياً وفق الراتب
- اسم المدير العام للشركة
- الموظفون الذين يتبعون مباشرة إلى المدير العام
- الموظف (أو الموظفون) الذي يحصل على أعلى راتب في الشركة
- أعداد العاملين في كل قسم من أقسام الشركة
- اسم القسم الذي يحوي أكبر عدد من العاملين
- اسم القسم الذي يزيد مجموع رواتب العاملين فيه عن 100000 ل. س
- أسماء ورواتب العاملين الذين يزيد راتبهم عن راتب رئيسهم المباشر
- القسم الذي يزيد متوسط رواتب العاملين عن متوسط رواتب العاملين في الشركة

الفصل الخامس

شروط التكامل

مقدمة

تُقدم شروط التكامل طرقاً للتوثق من تناسق المعطيات وسلامة عمليات التعديل التي تُجرى على قاعدة المعطيات، كما تُقدم طرقاً لحماية قاعدة المعطيات من التخريب، وذلك بالتحقق أن التعديلات المسموح بها على قاعدة المعطيات لا تؤدي إلى الإخلال بتناسقها وصحتها.

يمكن أن تأخذ شروط التكامل ، وفق ما عُرض سابقاً، أحد الأشكال التالية :

تعريف المفاتيح : حيث يجري تحديد مجموعة من الواصفات المكونة لمفتاح مرشح لصف كيانات، من ثم تصبح عملية الإضافة وعملية التعديل مشروطة بعدم وجود كيانين يشتركان في قيمة المفتاح المرشح.

نوع علاقة الارتباط : إن نوع الارتباط بين الكيانات : كثير-كثير، واحد-واحد، كثير-واحد، يضيف شروطاً تُفرض على الكيانات والارتباطات فيما بينها.

شرط التكامل هو قضية تُعبر عن تناسق المعطيات المخزنة في قاعدة المعطيات وصحتها. يمكن أن يكوْن اختبار تحقق القضية مكلفاً، ولذلك نقتصر عادة على تعريف شروط تكامل يمكن اختبارها بأقل كلفة.

1- تكامل المجالات

المجال بالتعريف هو مجموعة القيم الممكنة لواصف. تكامل المجال هو أحد أكثر أشكال شروط التكامل شيوعاً، التي تُختبر بسهولة لدى إدخال قيمة جديدة إلى قاعدة المعطيات. يمكن لأكثر من واصف أن يُعرف على المجال نفسه؛ ويقودنا تعريف تكامل المجال إلى اختبار القيم المدخلة إلى قاعدة المعطيات واختبار القيم المُدخلة في الاستعلام للتوثق من إمكان المقارنة فيما بينهما.

تسمح تعليمة check في SQL-92 بقصر اختبار المجال على مجموعة من القيم، وهذا مما يسرع تنفيذ العملية.

مثال : لقصر مجال تعريف account-type على قيمتين فقط نكتب :

```
create domain account-type char(10)
      constraint account-type-test
      check( value in ("checking", "saving")
```

ولقصر مجال تعريف account-number بعدم احتوائه على null value نكتب :

```
Create domain account-number char(10)
      constrait account-number-null-test
      Check (value not null)
```

2- التكامل المرجعي

يعبّر التكامل المرجعي عن إمكان التوثق من تأثير قيم مجموعة من واصفات علاقة ما، في قيم مجموعة واصفات علاقة أخرى.

2-1- مفاهيم أساسية

الحدوديات السائبة Dangling tuples : ليكن لدينا زوج العلاقات (r(R), s(S ، وليكن الدمج الطبيعي للعلاقتين

$$r >< s$$

إن الحدوديات tr من العلاقة r والتي لا تندمج في حدوديات العلاقة s أي لا توجد حدوديات ts من s بحيث

$$tr[R \cap S] = ts[R \cap S]$$

تُسمى حدوديات سائبة.

يعتمد قبول مثل هذه الحدوديات على النمذجة المعتمدة لقاعدة المعطيات. ولقد رأينا سابقاً مفهوم الدمج الخارجي الذي يسمح بظهور مثل هذه الحدوديات.

مثال : لنأخذ المخطط العلاقاتي لعلاقة الحسابات Account و علاقة الفروع Branch. إن وجود حدودية مثل t1 من العلاقة account بحيث =[t1[branch-name "x" وعدم احتواء العلاقة branch على حدودية t بحيث "t [branch-name]= "x أمر مرفوض، فمن المفروض أن تحوي العلاقة branch جميع أسماء الفروع التابعة للمصرف. ومن ثم من المستحسن وجود شرط تكامل يمنع وجود مثل هذه الحدوديات السائبة.

بالطبع ليست جميع الحدوديات الطفيلة مرفوضة، فمثلاً وجود حدودية في العلاقة branch لا يمكن دمجها في العلاقة account لايسبب أية مشكلة إذا وجد فرع للمصرف لايحوي حسابات مصرفية (في بداية إنشاء الفرع).

للتمييز بين هاتين الحالتين نستخدم ما يُسمى بالمفتاح الخارجي، وهو مجموعة الواصفات المضافة إلى العلاقة s والتي نرغب في عدم احتوائها على حدوديات سائبة بدمجها في العلاقة r وبحيث تُكوّن هذه الواصفات المفتاح الأولي للعلاقة r.

تعريف : ليكن لدينا علاقتان (r1(R1), r2(R2 لهما المفتاحان الأوليان K1, K2 على الترتيب. نقول إن المجوعة الجزئية α من المخطط العلاقاتي R2 هي مفتاح خارجي يشير إلى K1 من العلاقة r1 إذا كان :

$$\forall t2 \in r2 \qquad \exists \quad t1 \in r1 \;\; where \quad t1[K1] = t2[\alpha]$$

إن تحقق مثل هذا الطلب يسمى شرط تكامل مرجعي، أو ارتباط مجموعة جزئية.

إذا جرى اشتقاق المخطط العلاقاتي من المخطط كيان-ارتباط، فإن العلاقات المشتقة من الارتباطات بين الكيانات تحوي شرط تكامل مرجعي. ثُم إن العلاقة الممثلة لصف الكيانات الضعيف تحوي المفتاح الأولي لصف الكيانات القوي المرتبط به وهو يمثل المفتاح الخارجي الذي يقود إلى شرط تكامل مرجعي.

مثال : ليكن لدينا ارتباط R بين صفوف الكيانات E1,E2,...,En بحيث Ki هو مفتاح أولي لصف الكيانات Ei . إن العلاقة الممثلة لـ R تحوي K1, K2,...,Kn حيث Ki هو مفتاح خارجي يقود إلى شرط تكامل مرجعي.

تعديل قاعدة المعطيات : سنبين طريقة تحقق التكامل المرجعي عند إجراء تعديل على قاعدة المعطيات. لتكن r1, r2 علاقتين، تحوي r2 مفتاحاً خارجياً مرتبطاً بالمفتاح الأولي في r1، ولنناقش عمليات الإضافة والحذف والتعديل على العلاقتين :

- الإضافة : حتى تحدث عملية إضافة حدودية t2 إلى العلاقة r2 يجب أن يقوم النظام بالتوثق من وجود t1 في العلاقة r1 بحيث يتحقق الشرط $t1[K1] = t2[K2]$ حيث K1

المفتاح الأولي لـ r1 ، K2 المفتاح الخارجي لـ r2 المرتبط بـ r1. أما عملية إضافة حدودية إلى r1 فتجري دون أية حاجة لعملية اختبار.

– الحذف : لحذف حدودية t1 من r1 ، يقوم النظام بحساب الحدوديات من r2 المرتبطة بـ t1 وذلك بحساب التعبير الجبري التالي :

$$\sigma_{k2=t1[k1]}(r2)$$

وإذا كانت النتيجة مجموعة غير خالية تُجرى إحدى الحالتين التاليتين :

إعطاء رسالة خطأ وعدم تنفيذ عملية الحذف.

تُجرى عملية حذف لجميع الحدوديات التي تشير إلى t1 وهذا ما يُسمى بالحذف المتعاقب cascading.

– التعديل : سندرس عملية التعديل من خلال الحالتين التاليتين :

التعديل على العلاقة r2 الحاوية للمفتاح الخارجي.

التعديل على العلاقة r1 المرتبطة بـ r2 بواسطة مفتاحها الأولي.

إذا جرى تعديل الحدودية t2 من r2 وطال هذا التعديل قيمة المفتاح الخارجي K2 ، فإن النظام يجري اختباراً مشابهاً لعملية إضافة حدودية جديدة إلى r2.

وإذا جرى تعديل الحدودية t1 من r1 وطال هذا التعديل قيمة المفتاح الأولي K1 ، فإن النظام يجري عمليات مشابهة للعمليات المُنفذة في حالة الحذف، فيحسب مجموعة الحدوديات المحققة للشرط التالي :

$$\sigma_{k2=t1[k1]}(r2)$$

فإذا كانت هذه المجموعة غير خالية، قام النظام بإعطـاء رسـالة خطـأ أو بـإجراء عمليـة تعديل بالتسلسل على جميع الحدوديات المرتبطة بـ t1.

2-2- التكامل المرجعي في لغة SQL

يجري تحديد المفتاح الأولي والمفتاح الخارجي في SQL ضمن تعليمة بناء العلاقة create table حيث تُستخدم العبارات التالية :

Primary key لتحديد مجموعة الواصفات المكوِّنة للمفتاح الأولي للعلاقة

Unique لتحديد قائمة الواصفات المكوِّنة للمفتاح المرشح للعلاقة

Foreign key لتحديد قائمة الواصفات المكوِّنة للمفتاح الخارجي.

أمثلة :

```
create table customer
     ( customer-name  char(20) not null,
       customer-street     char(30),
       customer-city       char(30),
       primary-key    (customer-name))
create table account
     ( account-number char(10) not null,
       branch-name         char(15),
       balance        integer,
       primary-key    (account-number),
  foreign-key     (branch-name)
      references branch (branch-name),
  check (balance >=0))
```

```
create table depositor
      ( customer-name  char(20) not null,
      account-number   char(10) not null,
      primary-key      (customer-name, account-number),
foreign-key       (customer-name)
      references customer (customer-name),
foreign-key       (account-number)
      references account (account-number)
       on delete cascade
       on update cascade)
```

3- التأكيد ضمن قاعدة المعطيات

التأكيد هو قضية تُعبر عن شرط نرغب في تحققه ضمن قاعدة المعطيات على الدوام. فشرط تكامل المجال وشرط التكامل المرجعي هما شكلان من أشكال التأكيد كُنا قد ميزناهما لسهولة اختبارهما وسهولة تطبيقهما في تطبيقات قواعد المعطيات.

الشكل العام لتعريف شرط التأكيد بلغة SQL-92 هو :

```
create assertion <assertion-name> check <predicate>
```

مثال : لتعريف تأكيد في قاعدة المعطيات " مجموع القروض المأخوذة في كل فرع أقل من مجموع الأرصدة الموجودة في الفرع"

```
create assertion sum_constraint check
( not exists (   select *
                 from branch
                 where (     select sum(amount)
                             from loan
                             where loan.branch-name=
                                   branch.branch-name
```

```
        )
        >=
    (   select sum(balance)
        from account
        where account.branch-name=
              branch.branch-name
    )
)
```

ملاحظة : بعد تعريف تأكيد في قاعدة المعطيات يقوم نظام إدارة قاعدة المعطيات بالتوثق من أن المعطيات المحتواة ضمن القاعدة تحققها، ومن ثمّ لايسمح النظام بأي تعديل على القاعدة يؤدي إلى حدوث خلل في تحقيق التأكيد.

4- القادح Trigger

القادح مجموعة من التعليمات التي ينفذها آلياً نظام قواعد المعطيات لدى حدوث تعديل معين على القاعدة. يتحدد القادح بعنصرين أساسيين :

- الشروط التي سيجري تنفيذ القادح ضمنها،
- الوظائف التي ينفذها القادح.

مثال :

لنفترض أنه من غير المسموح به أن يأخذ رصيد حساب مصرفي قيمة سالبة، وأنّ من المستحسن عند إجراء عملية سحب من الحساب تحوّل الرصيد إلى قيمة سالبة، تحويل الرصيد إلى الصفر وإعطاء قرض له نفس رقم الحساب المصرفي بقيمة تساوي الكمية الناقصة من الحساب. لتنفيذ هذا العمل يُعرّف قادح بالشكل التالي :

شرط تنفيذ القادح هو حصول تعديل على قيمة الحساب جعلت قيمة الرصيد سالبة.

العمليات المضمنة في القادح هي :

- إضافة حدودية جديدة s في علاقة القروض loan بحيث يكون

```
s[branch-name]= t[branch-name]
s[loan-number]= t[account-number]
s[amount] = -t[balance]
```

- إضافة حدودية u إلى علاقة الاقتراض borrower بحيث

```
u[customer-name]= t[customer-name]
u[loan-number]= t[account-number]
```

- وضع t[balance] = 0

ويجري تعريف القادح بلغة SQL كما يلي :

```
define trigger overdraft on update of account T
(if new T.balance<0 then
     (insert into loan values
       (T.branch-name, T.account-number,
           - new T.balance)
      insert into borrower
      (select customer-name, account-number
       from depositor
       where    T.account-number =
                depositor.account-number)
      update account s
      set   s.balance =0
      where s.account-number= T.account.number))
```

5- الارتباطات التابعية Functional Dependencies

هي نوع خاص من شروط التكامل يعتبر تعميماً لمفهوم المفتاح.

5-1- مفاهيم أساسية

لقد عرّفنا سابقاً مفهوم المفتاح الرئيسي لمخطط غلاقاتي r(R) بأنه مجموعة الواصفات K التي تحقق الشرط : من أجل جميع الحدوديات t1,t2 من r و t1 يختلف عن t2 فإن t1[K] يختلف عن t2[K] أي لا توجد حدوديتان في r لهما نفس القيم لـ K. أما مفهوم الارتباط التابعي فهو تعميم لفهوم المفتاح الرئيسي، فنقول إنه يوجد ارتباط تابعي بين α, β ونرمز إليه بـ α→ β من أجل

$$\alpha \subseteq R, \beta \subseteq R$$

إذا كان، في حال جميع العلاقات r (R) ، جميع الحدوديات t1,t2 من r تُحقّق :

$$t1[\alpha] = t2[\alpha] \Rightarrow t1[\beta] = t2[\beta]$$

إن مفهوم الارتباط التابعي يسمح بالتعبير عن شروط تكامل لا يمكن التعبير عنها باستخدام مفهوم المفتاح.

مثال : لنأخذ المخطط العلاقاتي التالي :

```
Loan-info-schema = (  branch-name,
                      loan-number,
                      customer-name,
                      amount)
```

مع الارتباطات التابعية التالية :

```
loan-number  →  amount
```

loan-number → branch-name

ولنفترض أنه يمكن أن يعطى القرض لأكثر من شخص (مثلاً حصول زوجين على قرض واحد) أي أنه لا يوجد ارتباط تابعي بين loan-number و customer-name. فالمفتاح الرئيسي للعلاقة وهو(loan-number, customer-name) لا يكفي وحده للتعبير عن جميع الشروط الموجودة ضمن العلاقة ويُستخدم مفهوم الارتباط التابعي لتحديد شروط التكامل على عناصر العلاقة.

فإذا رغبنا أن نتعامل مع المخطط العلاقاتي R المحقق لمجموعة الارتباطات التابعية F، نقول إن العلاقةr محققة لـ F.

5-2- إغلاق مجموعة من الارتباطات التابعية

نقول عن ارتباط تابعي f إنه محقق منطقياً بتحقق الارتباطات التابعية F إذا استطعنا الوصول إليه بتطبيق مسلمات أرمسترونغ Armstrong والقواعد المشتقة منها. ونرمز إلى مجموعة الارتباطات التابعية التي تضم جميع الارتباطات التابعية المحققة منطقياً من F بـ +F وتُسمى بالمجموعة المغلقة لـ F.

تُستخدم الأحرف الإغريقية للدلالة على مجموعة الواصفات مثل : α, β ونرمز إليها بـ $\alpha\beta$ للدلالة على مجموعة اجتماع الواصفات ، وتُستخدم الأحرف اللاتينية ...,A, B للدلالة على أسماء الواصفات.

مسلمات أرمسترونغ

الانعكاسية reflexivity : إذا كانت لدينا مجموعة من الواصفات

$$\alpha, \beta \ \ Where \beta \subseteq \alpha \Rightarrow \alpha \to \beta$$

التزايد augmentation إذا كان $\alpha \to \beta$ ولتكن مجموعة من الواصفات γ فإن $\gamma\alpha \to \gamma\beta$.

قابلية التعدّي Transitivity

$$\alpha \to \beta \wedge \beta \to \gamma \Rightarrow \alpha \to \gamma$$

إضافةً إلى القواعد التالية التي يمكن البرهنة عليها باستخدام المسلمات السابقة :

الاجتماع : $\alpha \to \beta \wedge \beta \to \gamma \Rightarrow \alpha \to \beta\gamma$

التجزئة : $\alpha \to \beta\gamma \Rightarrow \alpha \to \gamma \wedge \alpha \to \gamma$

لتعدي الجزئي : $\alpha \to \beta \wedge \delta\beta \to \gamma \Rightarrow \alpha\delta \to \gamma$

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي R(A, B, C, G, H, I) والارتباطات التابعية F التالية :

A	→	B
A	→	C
CG	→	H
CG	→	I
B	→	H

والمطلوب :

إيجاد المجموعة المغلقة للارتباطات التابعية +F ؟

تضم +F مجموعة الارتباطات التابعية F إضافة إلى الارتباطات التابعية التالية:

H → A ناتج من تطبيق خاصية التعدي،

HI → CG ناتج من تطبيق خاصية الاجتماع للارتباطين

H → CG و I → CG.

I → AG لأن C → A و I → CG قاعدة التعدي الجزئي.

5-3- خوارزمية لإيجاد المجموعة المغلقة لمجموعة واصفات

لكي نحدد أتكون مجموعة واصفات X مفتاحاً رئيسياً في علاقة، يجب علينا حساب مجموعة الواصفات التي تتحدد تابعياً بـ X ونرمز إليها بـ +X ، ويجري ذلك بتطبيق الخوارزمية التالية :

```
result := X;
while (changes to result) do
      for (each DF α→β  in F) do
      begin
           if  α ⊆ result  then
            begin
                        result := result ∪ β
            end
```

5-4- التغطية الصغرى للارتباطات التابعية

يجب أن يقوم نظام قواعد المعطيات بالتأكد من بقاء جميع الارتباطات التابعية المعرفة على القاعدة صحيحةً عند إجراء أي تعديل على قاعدة المعطيات، وعدم السماح بإجراء أي تعديل يسبب خللاً فيها. ولتقليص الجهد المطلوب لتحقيق ذلك، يجري الاختبار على مجموعة صغرى من الارتباطات التابعية، إغلاقها يساوي إغلاق مجموعة الارتباطات المعرفة على القاعدة.

تعريف :

نقول عن واصف A إنه واصف زائد في ارتباط تابعي $\alpha \to \beta$ ينتمي إلى مجموعة ارتباطات تابعية معرفة على قاعدة المعطيات إذا تمكنا من حذفه دون أن يؤثر ذلك في المجموعة المغلقة للارتباطات التابعية المعرفة على قاعدة المعطيات F+.

$$F+=\left(\left(F-\{\alpha\to\beta\}\right)\cup\{\alpha-A\to\beta\right)+$$

نرمز إلى مجموعة التغطية الصغرى لـ F بـ Fc ويكون (Fc)+ = F+ .

تحقق مجموعة التغطية الصغرى الخاصتين التاليتين :

- لا تحوي Fc أي ارتباط تابعي يتضمن واصفاً زائداً،
- لا تحوي ارتباطين تابعيين لهما القسم اليساري نفسه، فيجري تجميع الارتباطات ذات القسم اليساري المشترك في ارتباط تابعي وحيد.

تُحسب التغطية الصغرى لمجموعة ارتباطات تابعية بتطبيق الخطوات التالية :

1. تجميع الارتباطات التابعية ذات القسم اليساري المشترك في ارتباط تابعي واحد (استخدام خاصية الاجتماع) أي يعوِّض عن مجموعة الارتباطات التابعية من الشكل:

$$\alpha 1 \rightarrow \beta 1$$
$$\alpha 1 \rightarrow \beta 2$$
$$\alpha 1 \rightarrow \beta 3$$

$$\alpha 1 \rightarrow \beta n$$

بـ :

$$\alpha 1 \rightarrow \beta 1, \beta 2, \beta 3, ..., \beta n$$

2. حذف الواصفات الإضافية إن وجدت في الارتباطات التابعية الناتجة F.

3. تكرار الخطوتين 1و 2 حتى ثبوت F.

6- الخلاصة

يسمح تعريف شروط تكامل على قاعدة المعطيات بتأكيد تناسق المعلومات وصحتها وعدم ضياع هذا التناسق عند إجراء أي تعديل على قاعدة المعطيات.

عرضنا في هذا الفصل أنواعاً مختلفة لشروط التكامل، تناولت تعريف المفاتيح ونوع علاقات الارتباط، و شرط تكامل المجال، وشرط التكامل المرجعي، وتعريف التأكيد، وتعريف الارتباطات التابعية بين الواصفات.

تمارين الفصل الخامس

1- لتكن قاعدة المعطيات المعرفة في التمرين الثاني من الفصل السابق. بين أنواع وطريقة تعريف شروط التكامل التالية:

- الراتب الأعلى الذي تدفعه هو 20000 ل. س.
- لايمكن أن يزيد راتب أي عامل في قسم التسويق (Marketing) عن وسطي رواتب العملين في قسم التصميم (Design)
- لايمكن أن يزداد عدد العاملين في أي قسم من أقسام الشركة عن نصف العدد الكلي للعاملين في الشركة
- أسماء ورواتب العاملين الذين يزيد راتبهم عن راتب رئيسهم المباشر

2- أوجد التغطية الصغرى لمجموعة الارتباطات التابعية التالية المعرفة على المخطط العلاقاتي (A,B,C):

$A \rightarrow BC$

$B \rightarrow C$

$A \rightarrow B$

$AB \rightarrow C$

الفصل السادس

تصميم قاعدة معطيات علاقاتية

مقدمة

يتطلب تصميم قاعدة معطيات علاقاتية إيجاد مجموعة من مخططات علاقات، جيدةٍ وقادرةٍ على تمثيل جميع المعلومات المطلوبة بأقل تكرار ممكن. ويمكننا تلخيص أهداف التصميم بثلاث نقاط وهي :

- إنقاص ظاهرة تكرار المعطيات ما أمكن،
- التوثق من تمثيل العلاقات الموجودة بين الواصفات،
- سهولة اختبار التعديلات لاختبار تحقق شروط التكامل المعرفة على قاعدة المعطيات.

لنورد بعض المشاكل الممكن ظهورها أثناء تصميم قاعدة المعطيات، من خلال دراسة المثال التالي :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي :

```
Lending-schema = (branch-name, branch-city, assets,
                  customer-name, loan-number, amount)
```

نلاحظ ما يلي :

إن المعطيات حول (branch-name, branch-city, assets) مكررة في حال كل قرض يقرضه فرع (مشكلة تكرار في المعطيات)، إن هذا التكرار يقودنا إلى القيام بتعديل عدة حدوديات في العلاقة إذا أردنا تعديل معلومة واحدة مثلاً : اسم الفرع.

عدم إمكان تخزين معلومات عن فرع دون وجود قرض على الأقل يقرضه هذا الفرع (عدم القدرة على تمثيل جميع المعلومات). أحد الحلول الممكنة في هذه الحالة هو استخدام القيمة null (عدم التعين لقيمة) وإضافة الحدودية المرادة إلى العلاقة بتكملة المعلومات المطلوبة وغير المتوفرة بهذه القيمة.

بالإمكان التفكير في حل هذه المشاكل عن طريق تجزئة المخطط العلاقاتي، ذي العدد الكبير من الواصفات، إلى مجموعة من المخططات العلاقاتية ذات حجم أقل من الواصفات، ولكن يمكن أن تقودنا تجزئة غير مدروسة إلى أشكال أخرى من المشاكل. سنوضح ذلك بدراسة اقتراح تجزئة المخطط العلاقاتي السابق إلى المخططين العلاقاتيين التالين :

```
Branch-customer-schema =(branch-name, branch-city,
                          assets, customer-name)
Customer-loan-schema =(customer-name, loan-number,
                        amount)
```

نلاحظ أن العلاقتين الناتجتين عن التجزئة لا تحويان معلومات عن الفروع والقروض المأخوذة منها، إذ يمكن لزبون أن يقترض من أكثر من فرع. وإذا أجرينا عملية دمج للعلاقتين السابقتين نحصل على حدوديات غير موجودة أصلاً في العلاقة الأصلية، أي يوجد ضياع في المعلومات، ونقول إن التجزئة تحوي ضياعاً بالمعلومات Lossy-join-decomposition وهي أحد المشاكل في تصميم قاعدة المعطيات بعد التجزئة.

وبوجه عام يجب على التجزئة المقترحة أن تحقق مجموعة من الخواص لتكون تصميماً جيداً لقاعدة المعطيات وهي :

جميع الواصفات الموجودة في المخطط العلاقاتي الأصلي R موجودة في المخططين العلاقاتيين المجزأين R1, R2 .

$$R = R_1 \cup R_2$$

التجزئة محافظة على المعطيات Lossless-join decomposition أي لا تحــوي ضياعاً في المعلومات، نقول إن التجزئة محافظة على المعطيات إذا تحقق الشرط التالي:

مهما يكن r معرّفة على المخطط العلاقاتي R فإن التجزئة R1, R2 تحقق

$$r = \Pi_{R_1}(r) \bowtie \Pi_{R_2}(r)$$

مثال :

لنأخذ التجزئة غير المحافظة على المعطيات التالية للمخطط العلاقاتي R(A, B) :

$$R_1 = (A) \qquad R_2 = (B)$$

A	B
α	1
α	2
β	1

r

A
α
β

$\Pi_A(r)$

B
1
2

$\Pi_{B}(r)$

- $\Pi_A(r) \bowtie \Pi_B(r)$

A	B
α	1
α	2
β	1
β	2

1- التقييس باستخدام الارتباطات التابعية

الهدف الذي نرغب في تحقيقه أثناء تصميم قاعدة معطيات هو الابتعاد عن الخواص غير المرغوب فيها (التكرار، عدم القدرة على تمثيل بعض المعلومات)، ولذلك نقوم بتجزئة العلاقات الكبيرة إلى علاقات أصغر منها بحيث تكون التجزئة محافظة على المعطيات، كما نقوم باستخدام الارتباطات التابعية، التي رأينا كيفية استخدامها لتعريف شروط تكامل على المعطيات، لتعريف أشكال نظامية للعلاقات تُكون تصاميم جيدة لقاعدة معطيات.

1-1- خواص التجزئة المستخدمة للتقييس

تجزئة محافظة على المعطيات Lossless-join decomposition :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي R و F مجموعة الارتباطات التابعية المعرفة على R. وليكن R1, R2 شكلين من أشكال التجزئة لـ R. نقول إن التجزئة هي محافظة على المعطيات إذا وجد على الأقل أحد الارتباطات التالية ضمن +F:

$$R1 \cap R2 \rightarrow R1$$
$$R1 \cap R2 \rightarrow R2$$

تجزئة محافظة على الارتباطات التابعية Dependency perservation :

عندما تبقى مجموعة شروط التكامل(الارتباطات التابعية) المعرفة على المخطط العلاقاتي صحيحة بعد تجزئته، نقول إن التجزئة محافظة على الارتباطات. ويجري اختبار ذلك كما يلي :

ليكن R المخطط العلاقاتي الذي قمنا بتجزئته إلى R1, R2,...,R

ليكن F مجموعة الارتباطات التابعية المعرفة على R

ليكن Fi مجموعة الارتباطات التابعية من +F للواصفات الموجودة في Ri.

نختبر العلاقة التالية، وفي حال تحققهـا نقول إن التجزئـة محافظـة علـى الارتباطـات

$$(F1 \cup F2 \cup \ldots \cup Fn)^{+} = F^{+}$$

التابعية.

عدم تكرار المعطيات No redundancy

من الممكن أن لا نستطيع حذف ظاهرة تكرار المعطيات بعملية التجزئـة، ولكـن المرغـوب فيه هو تقليص هذه الظاهرة قدر الإمكان.

1-2- المنهجية المتبعة في التقييس

نقوم بدراسة المخططات العلاقاتية المقترحة لقاعدة المعطيات وإقرار كون المخطط العلاقاتي جيـداً. وإذا لم يكـن المخطـط ليـس جيـداً، يُجـزّأ إلى مجموعـة علاقـات {R1,R1, R3,...,Rn} بحيث تكون كلٍ من هذه العلاقات جيدة والتجزئة المقترحة محافظـة علـى المعطيات ومحافظة على الارتباطات التابعية المعرفة على المخطط العلاقاتي الأصلي.

2- الأشكال النظامية

2-1 - الشكل النظامي الأول First Normal Form 1NF

نقول عن علاقة إنها من الشكل النظـامي الأول إذا كـان تقـاطع (سـطر، عمـود) يحـوي قيمة واحدة.

مثال : لتكن العلاقة PRODUCTS

PRODUCTS

Factory	Products
F1	{p2,p4,p5}
F2	{p1, p2,p3}

هذه العلاقة ليست من الشكل النظامي الأول وتُصبح مـن الشـكل النظـامي الأول في حـال كان محتواها كالتالي :

PRODUCTS

Factory	Product
F1	p2
F1	p4
F1	p5
F2	p1
F2	p2
F2	P3

2-2- الشكل النظامي الثاني Second Normal Form 2NF

تعاريف :

الارتباط التابعي : نقول إنه يوجد ارتباط تابعي بين X و Y إذا تحقق الشرط التالي :

$$X \rightarrow Y \Rightarrow (\forall t1, t2 \in r, t1[X] = t2[X] \Rightarrow t1[Y] = t2[Y])$$

المفتاح : ليكن المخطط العلاقاتي R(A1,A2,...,An) ولتكن X مجموعة من واصفات هذا المخطط، نقول إن X تُكوِّن مفتاحاً للعلاقة R إذا تحقق الشرطان التاليان :

– مهما تكن Y مجموعة من الواصفات المنتمية إلى R فإنه يوجد ارتباط تابعي من X إلى Y. أي :

$$\forall Y \in R \Rightarrow X \to Y$$

– لا توجد مجموعة جزئية من X تحقق الشرط 1.

الواصفات الأولية : نُسمي الواصفات المنتمية إلى أحد مفاتيح العلاقة بالواصفات الأولية.

الارتباط التام : نقول إنه يوجد ارتباط تابعي تام بين X و Y إذا وفقط إذا تحقق الشرطان التاليان :

– يوجد ارتباط تابعي بين X, Y

– لا يوجد مجموعة جزئية من X تربط بارتباط تابعي بـ Y.

الشكل النظامي الثاني : نقول عن علاقة إنها من الشكل النظامي الثاني إذا كانت من الشكل النظامي الأول وكانت جميع الواصفات غير الأولية فيها مرتبطة ارتباطاً تابعياً تاماً بكافة مفاتيح العلاقة.

3-2 – الشكل النظامي BCNF (Boyce-Codd Normal Form)

نقول إن العلاقة R من الشكل النظامي BCNF إذا كانت جميع الارتباطات التابعية المعرفة على العلاقة +F وليكن الارتباط التابعي من X نحو Y هو أحد الأنواع التالية :

- ارتباط تابعي بديهي، ونقول عن ارتباط تابعي من X نحو Y إنه بديهي إذا كانت Y محتواة في X.
- X تكوّن مفتاحاً رئيسياً للعلاقة R.

إن الشكل النظامي BCNF هو أحد الأشكال النظامية المرغوب في تحققها في تصميم قاعدة المعطيات. ونقول إن تصميم قاعدة المعطيات هو من نوع BCNF إذا كانت جميع المخططات العلاقاتية المؤلفة للقاعدة هي من الشكل BCNF.

مثال :

ليكن R= (A, B, C) والارتباطات التابعية المعرفة على R هي :

$$A \rightarrow B$$
$$B \rightarrow C$$

وليكن مفتاح العلاقة هو A.

إن العلاقة R ليست من الشكل النظامي BCNF لوجود الارتباط التابعي الثاني. إن تجزئتها إلى العلاقتين R1 =(A, B) ,R2 =(B, C) لها الخواص التالية :

- R1, R2 من الشكل النظامي BCNF.
- التجزئة محافظة على المعطيات.
- التجزئة محافظة على الارتباطات التابعية.

2-3-1- خوارزمية التجزئة

نبين فيمايلي خوارزمية لتجزئة مخطط علاقـاتي ليـس مـن الشـكل النظـامي BCNF إلى مجموعة علاقلت من الشكل النظامي BCNF.

```
result:= { R } ;
done:= false;
compute F + ;
while (not done) do
     if (there is a  schema  Ri in result
          that is not in BCNF) then
     begin
     let  X→Y   be a nontrivial functional
     dependency that holds on Ri such that
     X→Ri is not in F + ,
     and  X U Y= 0
          result := (result-Ri) U (Ri-Y) U (X,Y);
     end
     else done:= true;
```

ملاحظة :

إن التجزئة الناتجة هي من الشكل BCNF وليست بالضرورة محافظة على المعطيات.

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي التالي :

R=(branch-name, branch-city, assets, customer-name,

```
loan-number, amount)
```

وتتكون الارتباطات التابعية التالية المعرفة على المخطط :

```
F =   {branch- name   →     assets branch- city
       loan- number   →     amount branch- name
```

المفتاح هو : Key = { loan- number, customer- name }

بتطبيق خوارزمية التجزئة نحصل على المخططات العلاقاتية التالية :

```
R1 =(branch-name, branch-city, assets)
R2 =(branch-name, customer-name, loan-number, amount)
```

R1 من الشكل النظامي BCNF و R2 ليس من الشكل النظامي BCNF ولذلك نقوم بتجزئته إلى العلاقتين التاليتين :

```
R3 =(branch-name, loan-number, amount)
R4 =(customer-name, loan-number)
```

وتكون التجزئة النهائية للمخطط العلاقاتي R هي :

```
R1, R3, R4
```

ملاحظة :

ليس بالإمكان دوماً الحصول على تجزئة من الشكل النظامي BCNF تكون محافظة على الارتباطات التابعية المعرفة على المخطط العلاقاتي الأصلي.

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي R =(J, K, L) والارتباطات التابعية المعرفة عليه:

$F = \{ JK \rightarrow L, \quad L \rightarrow K \}$

للعلاقة مفتاحان مرشحان هما : (J,K) و (J,L)

R ليست من الشكل النظامي BCNF وأي تجزئة لها من الشكل BCNF ستفشل بالمحافظة على الارتباط التابعي JK → L .

4-2 – الشكل النظامي الثالث (Third Normal Form)

نقول عن مخطط علاقاتي R إنه من الشكل النظامي الثالث إذا كانت جميع الارتباطات التابعية من الشكل X→Y المنتمية إلى المجموعة المغلقة للارتباطات التابعية المعرفة على هذا المخطط لها أحد الأشكال التالية :

الارتباط التابعي X→Y هو ارتباط تابعي بديهي (Y محتوى ضمن X).

X هو مفتاح رئيسي في R.

كل الواصفات A المنتمية إلى مجموعة الواصفات Y-X تنتمي إلى أحد المفاتيح المرشحة للمخطط العلاقاتي.

ملاحظة :

كل علاقة من الشكل النظامي BCNF هي من الشكل النظامي 3NF (ذلك أن الارتباطات التابعية المعرفة عليها لها أحد الشكلين الأوليين من الأشكال الثلاثة السابقة الموجودة في تعريف الشكل النظامي الثالث).

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي التالي مع الارتباطات التابعية المعرفة عليه :

```
R =(J, K, L)
F = { JK → L, L → K }
```

المفتاحان المرشحان للعلاقة هما (J, K) و (J, L).

العلاقة R هي من الشكل النظامي الثالث حيث

JK → L   JK هي مفتاح رئيسي

L → K   K محتوى في مفتاح مرشح.

2-4-1- خوارزمية التجزئة

نبين فيما يلي خوارزمية تجزئة مخطط علاقاتي R إلى مجموعة من المخططات العلاقاتية {R1,R2, ...,Rn} بحيث كل مخطط علاقاتي Ri هو من الشكل 3NF،والتجزئة محافظة على المعطيات،والتجزئة محافظة على الارتباطات التابعية.

ليكن لدينا Fc التغطية الصغرى لمجموعة الارتباطات التابعية F المعرفة على المخطط العلاقاتي R .

```
i := 0;
for each functional dependency   X→Y  do
      if none of the schemas Rj , 1<=j<=i contains XY
      then begin
            i := i +1;
            Ri :=  (X,Y) ;
            end
      if none of the schemas Rj , 1<=j<=i contains
      a candidate key for R then
            begin
            i := i +1;
            Ri := any candidate key for R;
            end
return ( R1 ,R2 , ..., Ri)
```

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي المتعلق بالمصارف التالي :

```
Banker-info-schema   =   (branch-name,  customer-name,
banker-name, office-number)
```

والارتباطات التابعية المعرفة عليه :

```
banker-name →  branch-name office-number
customer-name branch-name →banker-name
```

المفتاح المرشح للمخطط هو :

```
{customer-name, branch-name }
```

وبتطبيق خوارزمية التجزئة نجد المخططات التالية :

```
Banker-office-schema =(banker-name, branch-name,
                       office-number)
Banker-schema     =   (customer-name, branch-name,
                       banker-name)
```

ملاحظة :

نجد أنه بالإمكان دوماً تجزئة علاقة إلى مجموعة علاقات من الشكل 3NF بحيث تكون التجزئة محافظة على المعطيات ومحافظة على الارتباطات التابعية. كما أنه بالإمكان دوماً تجزئة علاقة إلى مجموعة علاقات من الشكل BCNF بحيث تكون التجزئة

محافظة على المعطيات ولكن يمكن أن يكون من المستحيل الحصول على تجزئة محافظة على الارتباطات التابعية.

الهدف المرجو تحقيقه في تصميم قاعدة معطيات علاقاتية هو الوصول إلى مجموعة مخططات علاقاتية تكون :

- من الشكل BCNF،
- محافظة على المعطيات
- محافظة على الارتباطات التابعية.

وفي حال استحالة تحقيق ذلك، يمكن القبول بتصميم يحقق :

- المخططات العلاقاتية من الشكل 3NF،
- المحافظة على المعطيات
- المحافظة على الارتباطات التابعية.

5-2 – الشكل النظامي الرابع (Fourth Normal Form)

يمكن أن تكون مخططات علاقاتية لقاعدة المعطيات من الشكل BCNF وتبدو أنها ليست نظامية بقدر كافٍ. مثال على ذلك قاعدة المعطيات تحوي المخطط العلاقاتي :

```
classes( course, teacher, book)
```

حيث تعني الحدودية (c,t,b) أن المعلم t مؤهل لتدريس المادة c وأن الكتاب التدريسي للمادة c هو b.

تضم قاعدة المعطيات قائمة بالمدرسين المؤهلين لتدريس كل مادة من المواد، ومجموعة الكتب التدريسية اللازمة لكل مادة (لا يوجد معلومات عن الذين يدرّسون هذه الكتب التدريسية).

Course	Teacher	book
Database	Avi	Korth
Database	Avi	Ullman
Database	Hank	Korth
Database	Sudarshan	Ullman
Database	Sudarshan	Korth
Operating systems	Avi	Silberschatz
Operating systems	Avi	Shaw
Operating systems	Jim	Silberschatz
Operating systems	Jim	Shaw

classes

إن المفتاح المرشح للعلاقة هو {course, teacher, book} ولا يوجد ارتباط تابعي غير بديهي ضمن العلاقة، من ثم المخطط العلاقاتي هو من الشكل BCNF .

نلاحظ أنه عندما نريد أن نضيف معلومة وصول مدرس جديد Sara مؤهل لتدريس مادة database نحتاج إلى إضافة حدوديتين في العلاقة وهما :

```
(database, Sara, Korth)
(database, Sara, Ullman)
```

وهذا يشعرنا بوجود مشكلة مع أن المخطط هو من الشكل BCNF ومن المفضل تجزئته إلى مخططين هما :

Course	Teacher
Database	Avi
Database	Hank
Database	Sudarshan
Operating systems	Avi
Operating systems	Jim

Teaches

Course	Book
Database	Korth
Database	Ullman
Operating systems	Silberschatz
Operating systems	Shaw

Text

سنرى أن المخططين الجديدين هما من الشكل النظامي الرابع.

2-5-1- الارتباط المتعدد القيم Multivalued Dependencies

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي R و X, Y مجموعة واصفات محتواة في المخطط العلاقاتي R ، نقول إنه يوجد ارتباط متعدد القيم X→→ Y إذا تحقق الشرط التالي من أجل جميع العلاقات المعرفة على R ولتكن r(R):

إن وجدت حدوديات t1, t2 من r بحيث t1[X] = t2[X] فإنه يوجد حدوديتان t3, t4 من r بحيث يتحقق ما يلي :

```
t1[X] = t2[X] = t3[X] = t4[X]
t3[Y]= t1[Y]
```

```
t3[R-Y]= t2[R-Y]
t4[Y]= t2[Y]
t4[R-Y]= t1[R-Y]
```

يمكن تمثيل ذلك بالجدول :

	X	Y	R-X-Y
T1	a1a2........ai	ai+1.......aj	aj+1......an
T2	a1a2........ai	bi+1.......bj	bj+1.......bn
T3	a1a2........ai	ai+1.......aj	bj+1.......bn
T4	a1a2........ai	bi+1.......bj	aj+1.......an

مثال :

ضمن مثالنا قاعدة معطيات classes نلاحظ وجود ارتباطين تابعيين متعددي القيم هما :

```
course→→ teacher
course →→book
```

نلاحظ أنه إذا وجد ارتباط تابعي بين X→Y فإنه يوجد ارتباط تابعي متعدد القيم بين X→→Y.

2-5-2- نظرية الارتباطات المتعددة القيم

ليكن لدينا D مجموعة الارتباطات التابعية والارتباطات المتعددة القيم، نسمي D+ المجموعة المغلقة لـ D جميع الارتباطات التابعية المنبثقة منطقيا من D، والتي يمكن حسابها بتطبيق القواعد والمسلمات التالية :

الانعكاسية : إذا كان لدينا X, Y مجموعة من الواصفات و Y محتواة ضمن X فإن X→ Y محقق.

التزايد : إذا كان X→Y محققا و Z مجموعة من الواصفات، فيكون ZX→ZY محققا.

التعدي : إذا كان X→Y محققا و Y→Z محققا فإن X→Z محقق.

الإتمام : إذا كان X→Y محققا فإن X→→R-X-Y محقق.

التزايدية المتعددة القيم : إذا كان X→→Y محققا و Z مجموعة من الواصفات من R ، وM مجموعة واصفات محتواة في Z، فإن ZX→→ MY محقق.

المطابقة : إذا كان X→Y محققا فإن X→→Y محقق.

الالتحام : إذا كان X→→Y و Z محتـواة في Y و Y intersect M يساوي خالية و M→Z فإن X→Z محقق.

التزايدية المتعددة القيم : إذا كان X→→Y و X→→ Z فإن X→→YZ.

التقاطع : إذا كان X→→Y و X→→ Z فإن X→→Y? Z محقق.

الفرق : إذا كان X→→Y و X→→ Z فإن X→→Y- Z محقق و X→→ Z-Y محقق.

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي R(A,B, C,A,H,I) والارتباطات التابعية المعرفة عليه :

D= { A→→B, B→→HI, CG→H} والمطلوب حساب D+.

2-5-3- الشكل النظامي الرابع

نقول عن مخطط علاقاتي إنه من الشكل النظامي الرابع إذا كانت جميع الارتباطات التابعية المتعددة القيم المعرفة عليه، والتي هي من الشكل X→→Y تحقق على الأقل أحد الشرطين التاليين :

- X→→Y هو ارتباط تابعي متعدد القيم بديهي .
- X هو مفتاح رئيسي للمخطط العلاقاتي R.

ملاحظة :

كل مخطط علاقاتي من الشكل النظامي الرابع هو من الشكل النظامي BCNF.

2-5-4- خوارزمية التجزئة

فيما يلي خوارزمية لتجزئة مخطط علاقاتي إلى مجموعة مخططات من الشكل النظامي الرابع

```
result:=  { R  } ;
done:= false;
compute F + ;
while  ( not done) do
if (there is a schema Ri in result that is not in 4NF)
then
      begin
```

ليكن لدينا X→→Y ارتباط تابعي متعدد القيم غير بديهي

محقق على Ri حيث X→Ri ليست ضمن مجموعة الارتباطات التابعية

```
    • Y?X = Øو F+
        result:= (result- Ri) U ( Ri- Y) U (X,Y);
    end
else done:= true;
```

ملاحظة :

التجزئة الناتجة من الشكل النظامي الرابع محافظة على المعطيات.

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي R(A,B, C,A,H,I) والارتباطات التابعية المعرفة عليه :

D= { A→→B,   B→→HI, CG→H} والمطلوب إيجاد التجزئة من الشكل النظامي الرابع

– نلاحظ أن R ليست من الشكل النظامي الرابع لأن A→→B و A ليست مفتاحاً رئيسياً للعلاقة.

– بتطبيق خوارزمية التجزئة نحصل على :

```
a) R1 =(A, B)                (R1 is in 4NF)
b) R2 =(A, C, G, H, I)       (R2 is not in 4NF)
```

ولأن CG→→H محقق نحصل على تجزئة R2 إلى :

```
c) R3 =(C, ?, H)             (R3 is in 4NF)
d) R4 =(A, C, ?, I)          (R4 is not in 4NF)
```

– ولما كان A→→B, B→→HI فإن A→→HI, A→→I ويُجزّأ R4 إلى :

```
e) R5 =(A, I)                (R5 is in 4NF)
f) R6 =(A, C, ?)             (R6 is in 4NF)
```

2-5-5- المحافظة على الارتباطات المتعددة القيم

ليكن لدينا المخططات العلاقاتية R1, R2, R3,...,Rn التي هي تجزئة للمخطط العلاقاتي R، وليكن D مجموعة الارتباطات التابعية والمتعددة القيم المعرفة على R. وليكن Di إسقاط D على Ri وتضم مجموعة الارتباطات التابعية من +D والحاوية فقط لواصفات Ri. و لجميع الارتباطات المتعددة القيم من الشكل X→→Y? Ri حيث X من Ri و X→→Y من +D، نقول إن التجزئة محافظة على الارتباطات إذا كان (لكل مجموعة علاقات r1(R1), r2(R2),...,rn(Rn) حيث ri محققة لـDi) يوجد علاقة r(R تحقق D و بحيث ri إسقاط r على Ri لجميع i.

ملاحظة : إن تجزئة مخطط علاقاتي إلى مجموعة مخططات علاقاتية من الشكل النظامي الرابع يمكن أن تكون غير محافظة على الارتباطات.

3 – التقييس باستخدام الارتباط الدمجي

يقيد الارتباط الدمجي مجموعة العلاقات المجزئة لمخطط علاقاتي R بكونها تجزئة محافظة على المعطيات، فنقول إن R1, R2, R3,...,Rn التي هي تجزئة للمخطط العلاقاتي R أي

*(R1, R2, تحقق ارتباطا دمجيا ونرمز إليه بـ R= R1 U R2 U R3 U...U Rn

...,Rn) إذا كان :

ملاحظة :

يوجد ارتباط دمجي بديهي إذا كانت إحدى العلاقات Ri= R .

الارتباط الدمجي (R1, R2)* يكافئ الارتباط المتعدد القيم R2 →→ R2 ? R1 وبالمماثلة فـــإن الارتبـــاط المتعـــدد القيـــم X→→Y مكـــافئ للارتبـــاط الدمجـــي .*(X U (R-Y), X U Y)

3-1- الشكل النظامي PJNF (Project-Join Normal Form)

نقول إن المخطط العلاقاتي R المعرف عليه مجموعة الارتباطات التابعية والمتعددة القيم D وارتباطات دمجية، هو من الشكل PJNF إذا كانت جميع الارتباطات الدمجيـة في +D والتي هي من الشكل (R1, R2, ...,Rn)* حيـث Ri جـزء مـن R و R= R1 U R2 U...URm تحقق على الأقل أحد الشرطين التاليين :

(R1, R2, ...,Rn)* ارتباط دمجي بديهي.

كل علاقة Ri هي مفتاح رئيسي لـ R.

وكما أن كل ارتباط تابعي متعدد القيم هو ارتباط دمجي، فـإن كـل مخطـط علاقـاتي مـن النوع PJNF هو من النوع 4NF .

مثال :

ليكن لدينا المخطط العلاقاتي :

```
Loan-info-schema =(branch-name,customer-name,
                   loan-number, amount).
```

حيث بفرض أن القرض يمكن أن يكون لأكثر من زبون، ويشترك في إعطائه أكثر من فـرع وله كمية معينة؛ إن هذه الارتباطات مستقل بعضها عـن بعـض، ذلـك حيـث أنـه لدينـا ارتباط دمجي بين العلاقات التالية :

*((loan-number,branch-name),(loan-number,customer-name),
(loan-number, amount))

المخطط العلاقـاتي Loan-info-schema هـو ليـس مـن الشـكل النظـامي PJNF مـع الارتباطات التابعية الحاوية للارتباط الدمجي السابق. ولوضعه بالشـكل النظـامي PJNF يجب تجزئته إلى المخططات العلاقاتية الثلاثة التالية :

(loan-number, branch-name)
(loan-number, customer-name)
(loan-number, amount)

4- الشكل النظامي لمجال المفتاح

Domain Key Normal Form (DKNF)

تعريف المجال : مجال تعريف واصف A هو dom يعني أن جميع القيم الذي يأخذها هذا الواصف في جميع الحدوديات هي قيمة من مجموعة القيم الموجودة في المجال dom.

تعريف المفتاح : نقول إن مجموعة الواصفات K هي مفتاح للعلاقة R، ويرمـز إليـه بـ Key(K)، إذا كان مفتاحاً رئيسياً للمخطط العلاقاتي R(K→ R). تُكوِّن جميع تعاريف المفاتيح ارتباطات تابعية بين المفتاح والعلاقة وبالطبع العكس ليس بالضرورة صحيحاً.

شرط تكامل عام : الشرط العام هو عبارة عن قضية يجب تحققها على علاقة.

ليكن لدينا D مجموعة من شروط المجالات، وليكن K مجوعة من المفاتيح علـى المخطط العلاقاتي R. لنرمز بـ G إلى مجموعة شروط التكامل العامة على R. نقول إن R هو من الشكل النظامي مجال مفتاح إذا كان اجتماع D U K ينتج منطقياً G.

مثال :

ليكن لدينا الشرط التالي على الحسابات المصرفية : جميع الحسابات المصرفية التي أرقامها المصرفية تبدأ بالرقم 9 هي حسابات خاصة بفائدة عالية مع رصيد لا يقل عن 2500.

الشرط العام هو : " إذا كان الرقم الأول من t[account-number] هو الرقم "9 " فإن t[balance] >= 2500.

تصميم المخطط من النوع DKNF هو :

Regular-acct-schema=(branch-name, account-number, balance)
Special-acct-schema=(branch-name, account-number, balance)

شرط المجال للمخطط Special-acct-schema هو :

- أرقام الحسابات تبدأ بـ 9.
- الرصيد أكبر من 2500.

الفصل السابع
المخطط الداخلي لقاعدة المعطيات

مقدمة

المستوى الفيزيائي (الداخلي) Physical level هو المستوى الأدنى في تجريد المعطيات، ويصف الطريقة الفعلية لتخزين المعطيات. يتعلق المستوى الداخلي ببنية التخزين التي ستحوي المعطيات فعلياً، ويسمح بوصف المعطيات حسب الطريقة المتبعة في التخزين.

غالباً لا يحتاج القائمون على إدارة قواعد المعطيات إلى التدخل على هذا المستوى، ويتركون هذه المهمة لنظام إدارة قواعد المعطيات الذي يقوم بترجمة النموذج المنطقي إلى نموذج فيزيائي مكافئ. لكن فهم المبادئ المتبعة في تخزين وإدارة المعطيات على المستوى الفيزيائي يصبح ضرورياً عندما نحتاج لإجراء عمليات تخص مدير قاعدة المعطيات مثل. النسخ الاحتياطي، وإصلاح الأعطال، وتحسين أداء النظام، وغيرها من المهام التي تستدعي فهماً دقيقاً لبنى التخزين الفعلية المُعتمدة في نظام إدارة قواعد المعطيات.
يتضمن هذا الفصل تذكرة ببنى تخزين المعطيات التي درسها الطالب في مادة الخوارزميات وبنى المعطيات.

1- تعاريف

التسجيلات :تُخزن المعطيات الفعلية في مجموعة من التسجيلات، كل منها مؤلفة من حقل (Field) أو أكثر، أنماط قيم هذه الحقول هي الأنماط الأساسية كالأعداد الصحيحة

أو الأعداد الحقيقية أو سلاسل المحارف ذات الحجم الثابت. يضاف إلى هذه الأنماط الأساسية نمط المؤشر (Pointer) الذي يفيد في ربط التسجيلات.

الملف : هو مجموعة من التسجيلات لها نفس البنية. يُنجز الوصول إلى عناصر ملف بطرق مختلفة، وقد لا تكون تسجيلات الملف مخزنة بنفس التتابع.

الكتلة Block : هي وحدة التعامل الأصغرية بين الذاكرة الرئيسية والذاكرة الثانوية، بحيث تحوي عملية نقل المعطيات بين الذاكرة الرئيسية والذاكرة الثانوية عدداً صحيحاً من كتل كاملة. وهذا الشرط مطبق سواء في النظم التي تدعم الذاكرة الوهمية التي تقسّم إلى مجموعة كتل من ثُمانيات متتابعة، أو في النظم التي لا تدعم الذاكرة الوهمية حيث يمكن أن تكون الكتلة عبارة عن قطاعاً (Sector) في مسار. يجري عادة تخزين عدد من التسجيلات على كتلة واحدة، ويجري تجميع التسجيلات في الكتل بطريقة تختصر زمن الوصول إلى المعطيات من خلال جعل عدد الكتل التي يجري تبادلها بين الذاكرة الرئيسية والذاكرة الثانوية أقل مايمكن.

المؤشرات : المؤشر إلى تسجيلة r هو معطىً كافٍ لتحديد موقع r ، و تختلف طبيعة المؤشر باختلاف بنى المعطيات المستخدمة لتخزين التسجيلات.

الوصول الكتلي : هو وحدة الكلفة للعمليات على الكتل الفيزيائية، وهي إمّا القراءة أو الكتابة في كتلة واحدة. يقوم نظام التشغيل أو نظام إدارة قواعد البيانات أحياناً بتخزين نسخ عن الكتل في الذاكرة الرئيسية مادام لديه متسع لذلك مما يوفر زمن القراءة والكتابة في القرص.

2- تنظيم التسجيلات

تتعامل قواعد المعطيات في المستوى الفيزيائي مع نوعين من التسجيلات :

- تسجيلات ذات طول ثابت : تحوي عدداً محدداً من الحقول لكل منها طول ثابت. يجري ترتيب هذه الحقول بطريقة تمكننا من الوصول إلى قيم هذه الحقول. يبدأ كل حقل عند عدد محدد من الثُمانيات نسميه بالانزياح (Offset) اعتباراً من بداية التسجيلة. تُتيح هذه الانزياحات الوصول إلى جميع حقول التسجيلة إذا كانت بدايتها معروفة. وتُستخدم ثُمانيات أخرى (ليست مخصصة لحقول المعطيات) في كل تسجيلة لتخزين خواص التسجيلة، وحجمها، وحالتها.

- تسجيلات ذات حجم متغير : تحوي حقولاً ذات حجوم متغيرة تستدعي اتباع استراتيجيات مختلفة لتمثيلها وإدارتها.

3- تمثيل الكتل

تتضمن الكتلة عدداً صحيحاً من التسجيلات. و نحتاج في الكتلة إلى حجوم إضافية لتخزين بعض المعلومات عن الكتلة مثل مؤشرات إلى مواقع ثابتة لربط الكتل إلى سلاسل الكتل. إذا كانت الكتلة تحوي تسجيلات ذات حجوم ثابتة، عندئذٍ يمكن تقسيم الكتلة إلى حجوم عديدة بحيث يشغل كل حجم منها تسجيلة واحدة مع ترك بعض الحقول الخاصة في الكتلة كالمؤشرات إلى الكتل الأخرى. إذا أردنا تخزين تسجيلات ذات حجوم متغيرة في كتلة، فإننا نحجز مجلد (Directory) في بداية الكتلة ليحتوي مؤشرات (أو جدول مؤشرات) إلى جميع بدايات التسجيلات في الكتلة.

4- الفهارس الأساسية

تتطلب نظم إدارة قواعد البيانات أو نظم إدارة الملفات إجراء العمليات الأساسية التالية:

- البحث (Lookup) : إيجاد التسجيلة (أو التسجيلات) التي تحوي في الحقول المخصصة لمفتاحها قيمة معطاة.
- الإضافة (Insertion) :إضافة تسجيلة إلى ملف حيث نفترض أن التسجيلة التي ستضاف غير موجودة سلفاً في الملف، أو أنه لا يعنينا وجود تسجيلة مطابقة أو لا.
- الحذف (Deletion) :حذف تسجيلة من ملف حيث نفترض هنا أننا لا نعرف سلفاً: أهي في الملف أم لا، لذلك فهذه العملية تتضمن حتماً عملية بحث.
- التعديل (Modification) :تغيير بعض القيم في حقل واحد أو أكثر من حقول تسجيلة، وهذه العملية تتطلب أيضاً إيجاد التسجيلة التي نريد تعديلها.

يعتمد الفهرس الأساسي (Primary Index) بشكل عام على مفتاح الملف، كما أن موقع التسجيلة في الملف يعتمد أيضاً على مفتاحها. لذلك من المهم إيجاد تسجيلة ما "بسرعة" عند إعطاء قيمة مفتاحها. كما أنه من المفيد مناقشة حالة استخدام حقل أو أكثر كمفتاح للتسجيلات التي لا تحدد تحديداً وحيداً هذه التسجيلات، لأن تطابق المفتاح بين عدة تسجيلات قد يؤدي إلى إطالة زمن البحث عن تسجيلة.

4-1- الكومة

تُعتبر الكومة (Heap) البنية أبسط بنية حيث توضع التسجيلات بلا أي ترتيب خاص في الكتل، والتي بدورها لا تخضع لترتيب معين. سنفترض فقط أن المؤشرات إلى جميع

كتل الملف مخزنة في الذاكرة المركزية. وفي حالة وجود عدد كبير من الكتل بحيث يصبح من المتعذر تخزين جميع المؤشرات إليها في الذاكرة المركزية، عندئذٍ يمكن تخزين هذه المؤشرات في كتل على الذاكرة الثانوية حيث تُسترجع عند الحاجة.

4-2- ملفات التقطيع

تعتمد الفكرة الأساسية للملفات التقطيع (Hashed Files) على توزيع التسجيلات على رزم (Buckets) حسب قيم مفاتيحها. يوجد تابع تقطيع (Hash Function) من أجل كل ملف مخزن بهذه الطريقة، يأخذ قيمة المفتاح ويحولها إلى عدد صحيح من المجال [0..B-1] حيث B هو عدد رزم الملف.

تحتوي كل رزمة عدداً صغيراً من الكتل، حيث تنظم هذه الكتل ضمن الرزمة الواحدة على شكل كومة. نفترض إذن وجود جدول من المؤشرات مفهرس من 0 إلى B-1 ونسميه مجلد الرزم. تُعتبر كل خانة من هذا الجدول مؤشراً إلى بداية سلسلة خطية، منتهية بقيمة Null، كل عنصرٍ منها هو كتلة ونسمي هذه الخانة بترويسة الرزمة.

4-3 الملفات المفهرسة

وتُسمى أيضاً بملفات "ايسام" (ISAM: Indexed Sequential Access Method)، التي تفترض أن المفاتيح المستعملة في التسجيلات وحيدة (Unique keys) ومن ثم تتطلب أيضا هذه الطريقة فرز المفاتيح تصاعدياً.

نستطيع مبدئياً مقارنة قيم المفاتيح مهما كان نمطها ومن ثم فرزها. يمكن تعريف ترتيب على هذه القيم سواء أكانت أعداداً صحيحةً أم حقيقية أم سلاسل محارف.

يمكن أن نستفيد من الترتيب المعرّف على قيم مفاتيح التسجيلات للوصول إلى أي تسجيلة مفتاحها معروف "بسرعة".

لزيادة سرعة الوصول إلى الملف المرتب، الذي نسميه عادة بالملف الأساسي (Main file) نبني ملفاً ثانياً، نسميه بالفهرس الأجوف (Sparse Index) أو ملف الفهرس أو فهرس ايسام، الذي يحتوي على التسجيلات: (<قيمة المفتاح>، <عنوان الكتلة>).

يوجد لكل كتلة B من الملف الأساسي تسجيلة (v, B) في ملف الفهرس حيث القيمة v أصغر من أي قيمة موجودة في B وأكبر من أي قيمة موجودة في الكتلة التي تسبق B. الحقل الأول من التسجيلة (v, B) هو مفتاح أيضاً للملف الفهرس ويبقى هذا الملف مفروزاً حسب قيمة v.

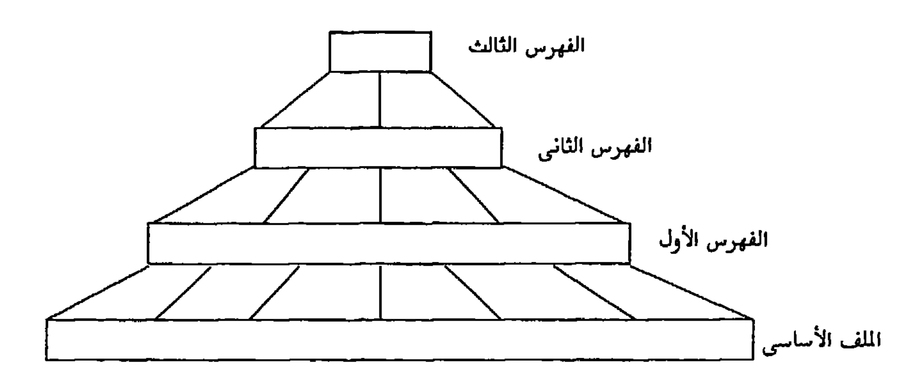
5- الفهارس المتعددة المستويات

تعتمد الفهارس متعددة المستويات مبدأ فهرسة الفهرس نفسه، ومن ثمَ فهرسة الفهرس الناتج، وهكذا حتى نستطيع وضع الفهرس في كتلة واحدة.

يُرتب الملف الأساسي حسب قيم المفاتيح. يحتوي الفهرس في المستوى الأول التسجيلات (v, b) حيث b مؤشر إلى الكتلة B من الملف الأساسي وv أصغر قيمة مفتاح في B. من الطبيعي أن هذه التسجيلات مرتبة حسب قيمة v. يحتوي الفهرس في المستوى الثاني أيضاً تسجيلات من الشكل (v, b) حيث b مؤشر إلى الكتلة B من الفهرس الأول وv أصغر قيمة مفتاح في B، وهكذا.

نستطيع بهذه الفهرسة المتعددة المستويات (Multi Level Indexing) زيادة فعالية عمليات البحث والإضافة والتعديل والحذف أكثر بكثير من الفهرسة السابقة الأحادية المستوى.

تُعتبر أشجار Bayer (أو اختصاراً الشجرات B)، من أشهر بنى المعطيات التي تساعد في بناء فهارس متعددة المستويات. سندرس في هذا الفصل تأثير الفهرسة المتعددة المستويات على زيادة فعالية العمليات على المعطيات المخزنة في الذواكر الثانوية.



الشكل(1): فهرسة متعددة المستويات

تحتفظ البنية الخاصة المعروضة في الشكل (1) باللف الأساسي في أوراق شجرة Bayer نفسها.

تُعرّف أشجار Bayer عادةً لاستخدام استراتيجيات خاصة من أجل عمليات الحذف والإضافة التي تضمن بقاء جميع العقد (عدا الجذر) نصف ممتلئة على الأقل.

الفصل الثامن

المناقلات

1- تعاريف

المناقلة هي مجموعة من التعليمات البرمجية يتم تنفيذها سويةً (بشكل متكامل)، يمكن لهذه التعليمات أن تقوم بتعديل أو الوصول إلى مجموعة من المعطيات، ويجري بواسطتها نقل قاعدة المعطيات من حالة صحيحة إلى حالة صحيحة أخرى.

يجب العناية عند دراسة مفهوم المناقلة بالأمور الرئيسية التالية :

- معالجة الأعطال المختلفة التي يمكن أن تحصل أثناء عمل نظم إدارة قواعد المعطيات مثل أعطال التجهيزات وأعطال النظم البرمجية،
- التنفيذ المتزامن لمجموعة من المناقلات

لحفظ تكامل المعطيات، يجب أن يؤمن نظام قواعد المعطيات ما يلي :

- الكتلية : يتم تنفيذ جميع العمليات المُتضمنة ضمن المناقلة بشكل متكامل وينعكس ذلك على قاعدة المعطيات أو لا يتم تنفيذ أياً من هذه العمليات.
- الملاءمة : يحافظ تنفيذ مناقلة على إبقاء قاعدة المعطيات صحيحة أي أن المعلومات تبقى مترابطة ومحافظة على شروط التكامل المُعرفة عليها.
- العزل : يمكن أن يسمح النظام بتنفيذ عدة مناقلات تنفيذاً متزامناً، وبمعزل عن بعضها. ويجب أن تكون النتائج الوسيطة أثناء تنفيذ المناقلة مخفية عن المناقلات الأخرى المُنفذة على التوازي. (ذلك أنه من أجل كل زوج من المناقلات Ti, Tj

يبدو لـ Ti أن Tj يبدأ التنفيذ بعد نهاية تنفيذه أو أنه يُنــهي تنفيـذه قبـل بدايـة تنفيذه).

- الاستمرارية :بعد أن ينتهي تنفيذ الناقلة بنجاح فالتغيرات الناتجة على قــاعدة المعطيات تصبح جزءاً من القاعدة حتى ولو حدث عطل في النظام .

مثال :

لتكن لدينا الناقلة التي تســمح بتحويـل مبلـغ 500 ل.س مـن حسـاب A إلى حسـاب B التالية :

```
1. Read (A)
2. A: = A - 500
3. Write( A)
4.Read( B)
5. B:= B+500
6. Write( B)
```

يجب أن يحقق التنفيذ الخواص التالية :

الملاءمة : لا يتغير مجموع الحسابين المصرفين A, B بعد تنفيذ الناقلة.

الكتلية : يتم تنفيذ جميع التعليمات المُتضمنة في الناقلة ككتلة واحدة فـإذا حصـل خطـأ أثناء التنفيذ في مرحلة ما، لا تتفعل العمليات التي أجريت قبل هذه المرحلة.

الاستمرارية : التعديلات الناتجة من تنفيذ الناقلة على قاعدة المعطيات تبقـى حتـي ولـو تعرضت القاعدة إلى أعطال.

العزل : في حال سُمح بتنفيذ مناقلة أخرى، تحتاج للوصول إلى قــاعدة المعطيـات المُعدلـة جزئياً، بين الخطوتين 3 و6 . فإن هذه المناقلة ستتعامل مع قاعدة معطيات غـير ملائمـة (غير صحيحة) حيث سيكون مجموع A+B أقل من المجموع الحقيقي.

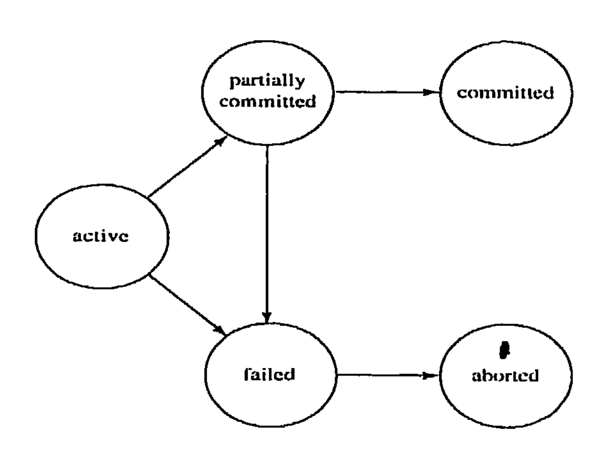
يمكن تحقيق هذه الخواص بسهولة من خلال تنفيذ المناقلات تسلسلياً، أي الواحــدة تلـو الأخرى، بينما تنفيذ المناقلات بشكل متزامن لها فوائد متعددة كما سنرى.

2- الحالات المختلفة للمناقلة

تكون المناقلة إحدى الحالات التالية :

- فعالة (Active) وهي الحالة البدائية، وتبقى المناقلة في هذه الحالة أثناء التنفيذ.
- منفذة جزئياً (Partially committed) بعد تنفيذ أخر تعليمة.
- فاشلة(Failed) عند اكتشاف عدم إمكانية متابعة التنفيذ بشكل صحيح.
- متراجعة(Rolled Back) بعد أن يتم التراجع عن تنفيذ المناقلة وتقوم قاعدة المعطيات بإعادة تخزين حالتها السابقة لتنفيذ المناقلة. ولدينا حالتان للمتابعة بعد أن يتم التراجع عن تنفيذ المناقلة، وهما :
  - إعادة تنفيذ المناقلة فقط في حال عدم وجود خطأ منطقي
  - إيقاف تنفيذ المناقلة.
- مثبتة (Committed) بعد إتمام التنفيذ بنجاح.

يبين الشكل التالي دورة حياة المناقلة :



تقوم نظم قواعد المعطيات (الجزء الخاص بإدارة الاسترجاع) بتوفير الأدوات اللازمة لضمان تنفيذ المناقلة بشكل متكامل (الكتلية) واستمرار تأثيرها على القاعدة، ويجري تحقيق ذلك باعتماد الخطوات التالية :

- التأكد من وجود مناقلة واحدة فعالة بوقت واحد، واستخدام مؤشر يؤشر دوماً إلى نسخة قاعدة المعطيات الصحيحة، وإجراء التعديلات المطلوبة ضمن المناقلة على نسخة من القاعدة، وعند إنهاء تنفيذ جميع التعليمات المطلوبة بنجاح يتم نقل المؤشر إلى النسخة الصحيحة المُعدلة. في حال حدوث خطأ أثناء التنفيذ فيمكن استخدام قاعدة المعطيات المؤشّر إليها وحذف النسخة الاحتياطية غير الصحيحة. يتطلب نجاح تلك الطريقة عدم حصول أخطاء في الأقراص، وهي غير مناسبة لقواعد المعطيات الضخمة لأن تنفيذ مناقلة واحدة يتطلب نسخ لقاعدة المعطيات بأكملها.

- في حال السماح بتنفيذ مجموعة من المناقلات بشكل متزامن، فإن الأمر يتطلب وجود تقنيات ترتيب زمني للتنفيذ للتحكم في تنفيذ تعليمات المناقلات المتزامنة بحيث تبقى قاعدة المعطيات صحيحة.
- الترتيب الزمني للتنفيذ Schedules هو تسلسل يبين الترتيب المنطقي الذي يتم فيه تنفيذ تعليمات المناقلات المتزامنة. ويجب مراعاة ما يلي :
- احتواء الترتيب الزمني للتنفيذ على جميع التعليمات الموجودة في جميع المناقلات،
- المحافظة على الترتيب التي تظهر فيه هذه التعليمات في كل مناقلة على حدى.

مثال : لتكن لدينا المناقلة T1 والتي تقوم بتحويل 50$ من الحساب A إلى الحساب B، وT2 تقوم بتحويل 10% من رصيد الحساب A إلى الحساب B.

نقول بأن الترتيب الزمني التالي لتنفيذ المناقلتين تنفيذ متداخل والذي هو عبارة عن تنفيذ تسلسلي لـ T1 ومن ثم T2.

T1	T2
Read (A);	
A : = A-50	
Write (A);	
Read (B);	
B := B +50;	
Write (B);	
	Read (A);
	Temp := A*0.1
	A := A- temp
	Write (A);
	Read (B);
	B := B +temp;
	Write (B)

نلاحظ أن نتيجة تنفيذ البرنامجين السابقين بالترتيب الزمني السابق يُحافظ على بقاء مجموع A و B ثابتاً. بينما نتيجة التنفيذ بالترتيب الزمني التالي لا يحافظ على بقاء مجموع A و B ثابتاً.

T1	T2
Read (A); A : = A-50	
	Read (A); Temp := A*0.1 A := A- temp Write (A); Read (B);
Write (A); Read (B); B := B +50; Write (B);	
	B := B +temp; Write (B);

القواعد الأساسية :

- يجب أن يحافظ تنفيذ أي مناقلة على تجانس قاعدة المعطيات.
- يجب أن يحافظ تنفيذ مجموعة مناقلات متسلسلة على تجانس قاعدة المعطيات.
- نقول عن مخطط تنفيذ متداخل أنه قابل للترتيب serializable إذا كان قابلاً للتحويل إلى تنفيذ بترتيب زمني معين للمناقلات. أي أن أي تنفيذ للعمليات الأساسية للبرامج (المناقلات) Ti يحترم ترتيب العمليات الواردة ضمن البرامج T1,T2,...,Tn.

3- الأقفال (Locks)

هي وسيلة التحكم الأساسية بعناصر المعلومات. ويُشكل مدير الأقفال Lock Manager أحد المكونات الأساسية في نظام إدارة قواعد المعطيات، فهو يهتم بمراقبة الوصول إلى عناصر المعلومات ويُنظم عمليات القراءة والكتابة بحيث يضمن صحة المعلومات وعدم ضياعها.

3-1- الأقفال وإدارة الوصول المتزامن إلى عناصر المعلومات

لتكن لدينا مناقلتان تنفذان برنامجاً حسب الترتيب الزمني التالي :

T1	T2
Read (A);	
	Read (A);
A := A+1	
	A := A+1
	Write (A)
Write (A)	

إن تنفيذ المناقلتين بالترتيب الزمني السابق سوف يُعطي نتيجة مغلوطة لقيمة المتحول A، والحل البديهي هو أن تقوم كل مناقلة بحجز عناصر المعلومات التي تريد قراءتها قبل إجراء عملية القراءة وتقوم بتحريرها بعد إجراء عملية الكتابة.

يُصبح البرنامج السابق كما يلي :

```
Lock (A);
Read (A);
A := A+1;
Write(A);
UnLock(A);
```

3-2- بعض مشاكل الأقفال

إن استخدام مفهوم الأقفال يحل مشكلة المشاركة في استخدام عناصر المعلومات، ولكن من الممكن أن ينتج عنه مشاكل أخرى متعددة منها :

- الانتظار اللانهائي Live Lock : حيث من الممكن أن يطلب T1 قفلاً على عنصر مثل A المحجوز لتنفيذ الناقلة T2، وعندما يُنهي T2 عمله يقوم بتحرير A الذي يقوم النظام بحجزه للمناقلة T3 التي طلبت القفل عليه أثناء تنفيذ T2، وهكذا يمكن أن يُمنح القفل بعد ذلك لـ T4، ... نلاحظ أن T1 ينتظر بشكل لا نهائي للحصول على قفل لا يحصل عليه لأن النظام يُفضّل في كل مرة مناقلةً أخرى.
- العرقلة المتبادلة Dead Lock : وذلك عند انتظار مناقلة x عنصر معلومات مقفول من مناقلة Y، التي بدورها تنتظر عنصر معلومات مقفول من المناقلة X.

مثال :

لتكن لدينا المناقلتان التاليتان :

T1 : Lock A; Lock B; ....; UnLock A; UnLock B;

T2 : Lock B; Lock A; ....; UnLock B; UnLock A;

وبفرض أن T1, T2 يبدآن التنفيذ في وقت واحد، نجد أن T1, T2 ينتظران بشكل لا نهائي.

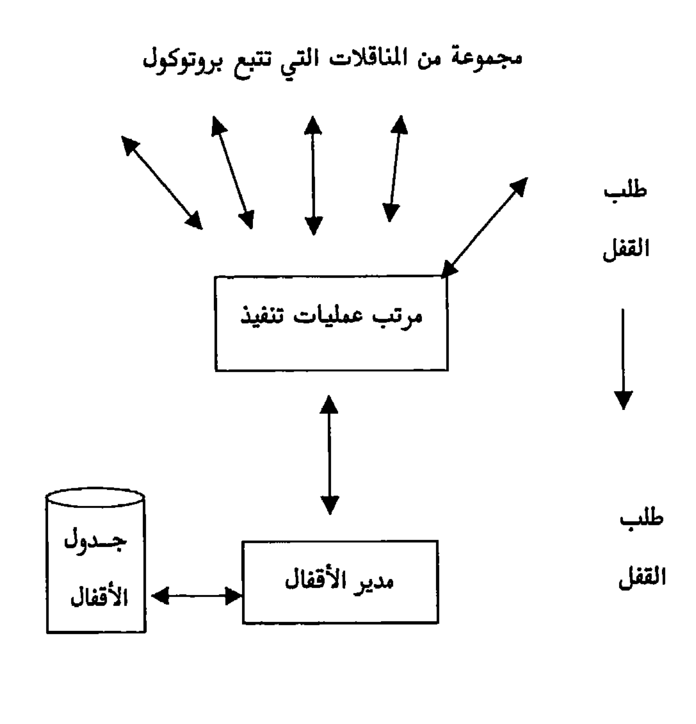
توجد عدة حلول لحل مثل هذه المسألة :

تقوم كل مناقلة بطلب كافة الأقفال التي تحتاجها علـى عنـاصر المعلومـات دفعـة واحـدة فإما أن تحصل عليها جميعاً أو أن لا تحصل على أية منها، وإذا لم تحصل عليها فإنـها تنتظر.

ترتيب عناصر المعلومات والطلب إلى كافة المناقلات أن تطلب الأقفال على العنـاصر الـتي تحتاجها وفقاً لهذا الترتيب.

4- منسق المناقلات

يبين الشكل التالي كيفية عمل منسق المناقلات الموجود ضمن نظم إدارة قواعد المعطيات :



6- نموذج مناقلة

وهو عبارة عن مجموعة من القواعد والضوابط المفروضة على المناقلات والتي تضمن طريقة معينة في التنفيذ المتداخل للمناقلات.

يمكننا النظر إلى مناقلة كمتتالية من عمليات الإقفال (حجز مصادر المعلومات) وتحرير الأقفال، وبالتالي فإن نموذج المناقلة يجب أن يحقق ما يلي :

تحرير كل عنصر جرى إقفاله

لا تقوم المناقلة بطلب قفل لعنصر تحجزه

لا تقوم المناقلة بتحرير عنصر غير محجوز لصالحها

عموماً تتبع كل عملية Lock عملية قراءة، وتسبق كل عملية UnLock عملية كتابة.

7- خوارزمية تحويل تنفيذ متداخل إلى تنفيذ متسلسل

بفرض S تنفيذ متداخل لمجموعة مناقلات T1, T2,....,Tk.

ننشئ بيان Gi عقده هي المناقلات وتُحدد الأسهم فيه بالشكل التالي :

بفرض s= a1,a2,...,an حيث ai تعليمة من الشكل :

Tj : Lock Am أو Tj : UnLock Am

فإذا كانت ai : Tj : Unlock Am ووجدت تعليمة أخرى مثل ap = Ts : Lock Am فإننا نُنشئ سهماً من Tj إلى Ts. ومعنى ذلك أنه في أي تنفيذ متسلسل يجب أن يسبق Tj لـ Ts.

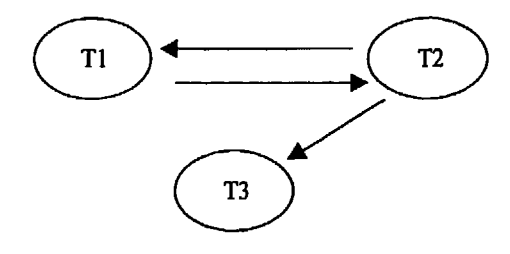
إذا وجدت حلقات في البيان الناتج فإن التنفيذ المتداخل غير قابل للتحويل إلى تنفيذ متسلسل.

مثال :

ليكن لدينا التنفيذ المتداخل التالي

	T3	T2	T1
1			Lock A
2		Lock B	
3		Lock C	
4		UnLock B	
5			Lock B
6			UnLock A
7		Lock A	
8		UnLock C	
9		UnLock A	
10	Lock A		
11	Lock C		
12			UnLock B
13	UnLock C		
14	UnLock A		

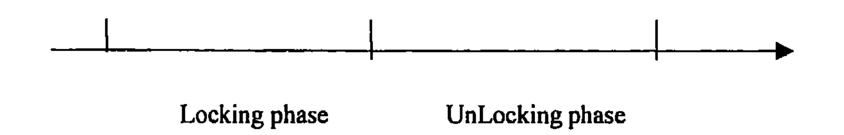
البيان المكافئ للتنفيذ هو :



8- بروتوكول الإقفال على مرحلتين

تعريـف : نقـول إن مناقلـة تحقـق بروتوكـول الإقفـال علـى مرحلتـين Two phase Locking Protocol إذا كانت كل عمليات الإقفال تسبق كل عمليات تحرير الأقفال.

ويمكن برهان أن أي تنفيـذ متداخـل لمجموعـة منـاقلات تحـترم هـذا الـبروتوكول قـابل للتحويل إلى تنفيذ متسلسل.



8-1- أقفال القراءة والكتابة

يجري عادة تعريف نوعين من الأقفال :

أقفال القراءة (أو الأقفال المشتركة) : عندما يتضمن برنامج مناقلـة تجـري عمليـات قـراءة فقط للعنصر A فإن هذا البرنامج يُنفذ التعليمة Rlock A ، ويمكـن لمنـاقلات أخـرى أن تحجز العنصرA للقراءة.

أقفال الكتابة Exclusive Lock عند احتواء مناقلة تعليمات تغير قيمة العنصر A فإنه يضع قفل كتابة عليه. ولا يمكن لمناقلة أخرى وضع أي نوع آخر من الأقفال على العنصر A.

يجري تحرير نوعي الأقفال بواسطة تعليمة UnLock

خوارزمية تحديد إمكانية تنسيق المناقلات :

ننشئ البيان Gi بالشكل التالي :

بفرض Ti يحجز A للقراءة ثمّ يحررها، Tj يحجز A للكتابة بعد تحريرها من قبل Ti ننشئ سهماً من Ti إلى Tj .

Ti يحجز A للكتابة Tj يحجز A للقراءة بعد تحريرها من قبل Ti . ننشئ سهماً من Ti إلى Tj.

في حال احتوى البيان Gi على حلقات كان التنفيذ المتداخل للمناقلات غير قابل للتنسيق. وفي حال لم يحوي Gi على حلقات نقوم بفرز Gi فرزاً طبولوجياً.

8-2- اكتشاف العرقلة المتبادلة

يجري اكتشاف العرقلة المتبادلة عن طريق تعريف وإدارة بيان يُدعى ببيان الانتظار. تمثل عقد بيان الانتظار المناقلات ويصل سهم بين عقدتين Ti, Tj إذا كان Ti ينتظر Tj من أجل عنصر A.

تجري إدارة البيان بالشكل التالي :

عندما تطلب مناقلة Ti حجز عنصر A محجوز من قبل Tj ، نرسم سهماً صادراً من Ti إلى Tj.

عندما يحرر Tj العنصر A فإننا نحذف السهم الصادر من Ti إلى Tj.

عندما ينهي Tj تنفيذه بشكل عادي أو إجباري فإننا نحرر كافة الأسهم الواردة إليه.

عند اكتشاف وجود حلقات في بيان الانتظار فذلك يعني وجود عرقلة متبادلة، وفي هذه الحالة يتم حذف (إجبار إنهاء) إحدى المناقلات الداخلة في الحلقة.

طريقة فحص البيان :

يمكن اعتماد إحدى الطرق التالية لفحص بيلن الانتظار :

- فحص بيان الانتظار بشكل دوري (مثلاً كل خمسة دقائق)؛ .
- إعطاء زمن انتظار أعظمي لكل مناقلة فإذا تجاوز انتظارهـا هـذا الحـد الأعظمـي تنفيذ تعليمة ROLLBACK ثم تقلع من جديد بعد انتظار فترة معينة.
- قبل إضافة أي سهم نتيجة تنفيـذ مناقلـة Ti في بيـان الانتظـار تجـري مناقشـة احتمال تشكيل حلقة نتيجة إضافة السهم. وفي حـال كـان ذلـك محققاً يمكننـا اتباع أحد المبدأين التاليين :
  - اتباع مبدأ Wait-Die وإنهاء عمل المناقلة Ti بتنفيذ تعليمة RollBack.
  - اتباع مبدأ Wait-Wound وإنهاء عمل إحدى المناقلات المشكلة للحلقة.

الفصل التاسع

معالجة الأعطال

تعريف

العطل هو تخريب في وسط التخزين يؤدي إلى ضياع المعلومات جزئياً أو كلياً. ومصادر الأعطال متعددة نورد منها :

- فشل تنفيذ مناقلة : هو عدم تنفيذ مناقلة نتيجة لأخطاء منطقية (لا يتم تنفيذ المناقلة لعدم تحقيق بعض الشروط الداخلية الواجبة للتنفيذ)، أو لأخطاء النظام (حيث يجب على نظام إدارة قواعد المعطيات إنهاء عمل مناقلة تؤدي إلى خطأ يخرق تكامل القاعدة).
- أعطال نظام التشغيل : والتي يمكن أن تنجم عن انقطاع التيار الكهربائي أو حدوث خطأ في نظام التشغيل ناجم عن عطل في التجهيزات أو البرمجيات. إن مثل هذا العطل يؤدي إلى إيقاف كافة التطبيقات الجارية.
- أعطال وسط التخزين : إن تخريب بعض مناطق القرص أو تعطل القرص بشكل كامل أو إجراء كتابة غير مشروعة في بعض مناطق القرص تؤدي إلى ضياع كلي أو جزئي للمعلومات.
- أعطال شاملة : كحدوث حريق يؤدي إلى ضياع النظام بأكمله.

1- الاحتياطات الأولية

يمكن استخدام نوعين من وسائط التخزين :

- وسط تخزين متبدل volatile storage وهو وسط لا يتأثر بأعطال نظام التشغيل (مثل الذاكرة الرئيسية و الذاكرة المخبئية).
- وسط غير متبدل nonvolatile storage وهو وسط يتأثر بأعطال نظام التشغيل (مثل الأقراص أو الذاكرة الثانوية والأشرطة).

ومن البديهي البحث عن وسط تخزين مستقر Stable storage مقاوم لجميع الأعطال أو استخدام مجموعة من النسخ المحفوظة على وسائط تخزين غير متبدلة متمايزة.

يمكن الحصول على تنفيذ مستقر للبرامج التي تعالج قاعدة المعطيات، يحميها من الأعطال، باتباع ما يلي :

- الاحتفاظ دوماً بنسخ احتياطية إضافية عن قاعدة المعطيات، ووضع هذه النسخ في مكان أمين ومحمي من الأخطار(الحريق مثلاً..). ويجري عادة الاحتفاظ بنسخ : شهرية، أسبوعية، يومية.
- استخدام عدة أقراص تعمل على التوازي Disk Mirroring .

يمكن أن يحصل خطأ أثناء نسخ المعطيات مما يؤدي إلى تكوين نسخ غير متماثلة، ومن أجل الحد من ذلك نقوم بإجراء عملية النسخ خارجياً بحيث يتم إجراء نسختين لكل كتلة من المعلومات بالشكل التالي :

- كتابة المعلومات على الكتلة الفيزيائية الأولى.

عند انتهاء الكتابة بشكل ناجح، نقوم بكتابة نفس المعلومات على الكتلة الفيزيائية الثانية .

تنتهي عملية النسخ الخارجي فقط عند انتهاء عملية الكتابة الثانية بنجاح.

إذا احتوت إحدى النسختين على كتلة معطوبة (وجود خطأ ما)، يجري نسخها من النسخة الأخرى. وفي حال لم تحو النسختان على خطأ ، ولكنهما كانتا مختلفتين، يجري نسخ النسخة الثانية على النسخة الأولى.

2- الوصول للمعطيات

لدراسة الأعطال الممكن حدوثها أثناء هذه العملية وكيفية معالجتها، سنقوم بشرح كيفية الوصول إلى المعطيات المخزنة ضمن قاعدة المعطيات.

بعض التعاريف :

الكتلة الفيزيائية Physical Block هي الكتلة الموجود على القرص. الكتلة الدارئة هي الكتلة الموجودة بشكل مؤقت في الذاكرة المركزية.

تتم حركة الكتل بين القرص والذاكرة المركزية من خلال عمليتين :

- input(B) تنقل الكتلة الفيزيائية B من القرص إلى الذاكرة المركزية.
- output(B) تنقل الكتلة الدارئة B إلى القرص ، وتضع الكتلة الفيزيائية مكانها.

لكل مناقلة Ti منطقة عمل خاصة بها تُحفظ فيها النسخ المحلية لجميع عناصر المعطيات التي تتعامل معها. نُسمي النسخة المحلية لعنصر المعطيات X بـ xi .

نفترض لتبسيط العمل أن كل عنصر معطيات مُخزن ضمن كتلة واحدة.

تنقل المناقلة المعطيات التي تتعامل معها بين كتل الدارئ الخاصة بالنظام و منطقة العمل الخاصة بها باستخدام العمليات التالية :

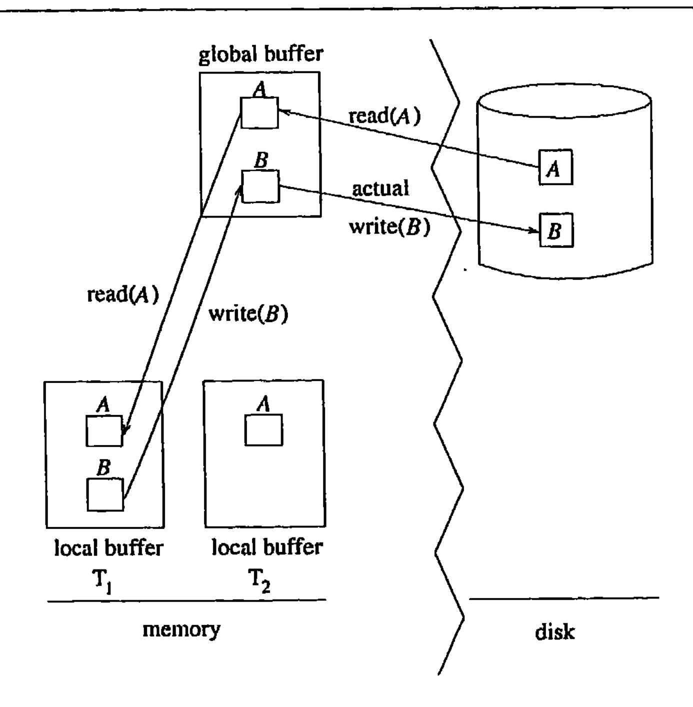
- read (X) والتي تقوم بوضع قيمة العنصر X في المتحول xi.
- Write(X) وتسند قيمة المتحول xi إلى العنصر X.

تحتاج التعليمتان السابقتان إلى تنفيذ تعليمة input(BX)، والتي تقوم بوضع الكتلة الحاوية على العنصر X في الذاكرة (إذا لم يكن موجوداً أصلاً في الذاكرة).

تقوم المناقلة بطلب read(X) عند أول وصول لـ X؛ ومن ثم يجري استخدام نسخة محلية للمتحول المتعلق بالعنصر. تقوم المناقلة بتنفيذ تعليمة write (X) بعد أخر وصول لـ X.

لا نحتاج إلى تنفيذ تعليمة output (BX) فوراً بعد تنفيذ تعليمة write (X).

يبين الشكل (1) التالي عملية الوصول إلى قاعدة المعطيات .



الشكل (1) : مبدأ الوصول إلى قاعدة المعطيات

3- معالجة الأعطال

لنأخذ المناقلة التي تقوم بنقل مبلغ 50$ من الحساب A إلى الحساب B؛ هدفنا هو إما أن تتم جميع العمليات والتعديلات المطلوبة في المناقلة على قاعدة المعطيات أو أن لا يجري أي منها. بالإمكان حصول عطل ما أثناء تنفيذ المناقلة وقبل إنهاء جميع التعديلات المطلوبة على قاعدة المعطيات. فمن أجل تحقيق هدفنا والمحافظة على الكتلية للمناقلة، ننسخ المعلومات المطلوب تعديلها إلى وسط تخزين مستقر دون تعديل قاعدة المعطيات نفسها. ومن ثمّ تطبيق أحد المنحيين التاليين :

- مبدأ الصحيفة Log recovery
- مبدأ الظل shadow-paging .

ونفترض منذ البداية أن الناقلات تُنفذ بشكل متسلسل الواحدة تلو الأخرى.

مبدأ الصحيفة

الصحيفة هي ملف تسلسلي يتم الاحتفاظ به عادة على وسط تخزين مستقر مختلف عن وسط التخزين الأساسي الذي يحوي قاعدة المعطيات (عادة شريط مغناطيسي).

تحوي الصحيفة عادة تسجيلات تحدد فعالات التعديل على قاعدة المعطيات :

- عند بداية تنفيذ مناقلة يجري تسجيل التسجيلة < Ti start > على الصحيفة.
- قبل تنفيذ تعليمة write(X)، يجري تسجيل التسجيلة < Ti ,X,V1 ,V2 > على الصحيفة حيث V1 قيمة العنصر X قبل الكتابة، V2 القيمة التي سوف يأخذها العنصر X.
- عند انتهاء عمل الناقلة Ti (تنفيذ أخر تعليمة في الناقلة) يجري تسجيل التسجيلة < Ti commit > على الصحيفة.

تمكننا هذه الطريقة من السيطرة على الأخطاء عن طريق تسجيل جميع التعديلات على الصحيفة وتأجيل جميع عمليات الكتابة إلى ما بعد القيام بعملية الانتهاء الجزئي للمناقلة. كما تؤكد على تنفيذ المناقلات بشكل تسلسلي . عند حدوث عطل تحتاج المناقلة إلى إعادة تنفيذ في حال جرى تسجيل كل من التعليمتين < Ti start > و < Ti commit > على الصحيفة.

مثال : لتكن لدينا المناقلتان T0 و T1 التاليتان ، ولنفرض أن T0 يجري تنفيذها قبل T1 :

T0 :read (A)
A := A -50
Write(A)
B := B+50
Write (B)

T1: read(c)
C := C- 100
Write(C)

وليكن محتوى الصحيفة هو على النحو التالي في لحظات التنفيذ المختلفة

(a)	(b)	(c)
<T0 start>	<T0 start>	<T0 start>
<T0, A, 950>	<T0, A, 950>	<T0, A, 950>
<T0, B,2050>	<T0, B,2050>	<T0, B,2050>
	<T0 commit>	<T0 commit>
	<T1 start>	<T1 start>
	<T1, C, 600>	<T1, C, 600>
		<T1 commit>

بفرض حصول عطل للنظام في إحدى الحالات :

الحالة (a) لا حاجة لأي إجراء لإصلاح العطل.

الحالة (b) يجب أن يعاد تنفيذ الناقلة T0 لأنه جرى تسجيل <T0 commit> في الصحيفة.

الحالة (c) يجب أن يعاد تنفيذ الناقلتين T0 و T1 بالتسلسل لأنه جرى تسجيل التسجيلتين <T0 commit> و <T1 commit> في الصحيفة.

المراجع

[1] E.F. CODD,
A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks,
Communications A.C.M, vol. 13, n. 6, 1970.

[2] C.J. DATE,
An Introduction to Data Base Systems,
volumes 1 and 2, Addison Wesley Publishing Company,
third edition, 1981.

[3] D. MAIER,
The theory of relational database,
PITMAN, 1983.

[4] K. PARSAYE, M. CHIGNELL, S. KHOSHAFIAN, H. WONG,
Intelligent databases,
WILEY (New york), 1989.

[5] J.D. ULLMAN,
Principles of Data Base Systems,
PITMAN (London), 1980.

[6] A. SILBERSCHATZ, H. F. KORTH, S. SUDARSHAN
Database system concepts
Mc Graw-hill, 1998



صدر بإشراف لجنة الإنجاز

سعر المبيع للطالب (٨٠) ل.س